

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-52315  
(P2001-52315A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 1 1 B 5/39

識別記号

F I  
G 1 1 B 5/39

データベース(参考)  
5 D 0 3 4

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2000-16333(P2000-16333)  
(22) 出願日 平成12年1月25日(2000.1.25)  
(31) 優先権主張番号 特願平11-157131  
(32) 優先日 平成11年6月3日(1999.6.3)  
(33) 優先権主張国 日本(J P)

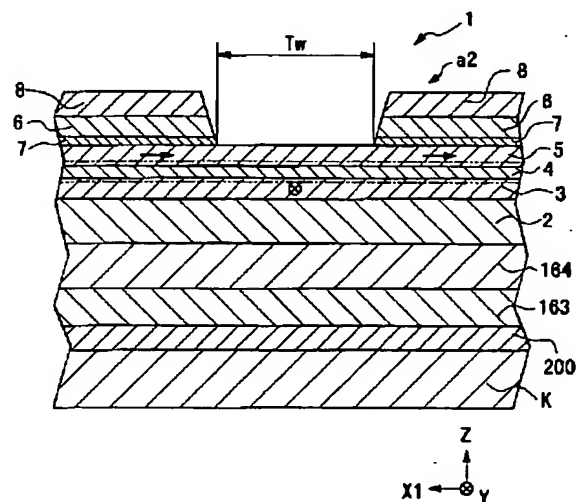
(71) 出願人 000010098  
アルプス電気株式会社  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
(72) 発明者 長谷川 直也  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式 会社内  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外6名)  
Fターム(参考) 5D034 BA05 BB12 BB20 CA08 DA07

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜磁気素子及び薄膜磁気ヘッド及びスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、耐熱性、耐食性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子の提供と、フリー磁性層の磁化方向を確実に揃えることができるバイアス構造を備えたスピンバルブ型薄膜磁気素子の提供を目的とする。

【解決手段】 本発明は、反強磁性層と、磁化方向が固定される固定磁性層と、固定磁性層の上に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層と、フリー磁性層の上にトラック幅に相当する間隔を開けて配置された軟磁性層と、軟磁性層上に形成され、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるバイアス層と、導電層とを基板上に有するスピンバルブ型薄膜磁気素子であり、反強磁性層およびバイアス層をPt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnを含む合金から形成したものである。



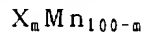
## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層と、前記反強磁性層に接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層の上に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層と、前記フリー磁性層の上にトラック幅に相当する間隔を開けて配置された軟磁性層と、前記軟磁性層の上に形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるバイアス層と、前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層とを基板上に有するスピナバルブ型薄膜磁気素子であり、

前記反強磁性層および前記バイアス層は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなることを特徴とするスピナバルブ型薄膜磁気素子。

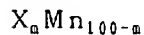
【請求項2】 前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された層どうして磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とする請求項1記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項3】 前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項1ないし請求項2記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。



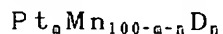
但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、48原子% $\leq m \leq 60$ 原子%である。

【請求項4】 前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項1ないし請求項2記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。



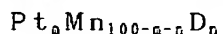
但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、48原子% $\leq m \leq 60$ 原子%である。

【請求項5】 前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項1ないし請求項2記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。



但し、Dは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは、48原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%である。

【請求項6】 前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることを特徴とする請求項1ないし請求項2記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。



但し、Dは、Pd、Rh、Ruのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは、52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq$

40原子%である。

【請求項7】 前記軟磁性層は、NiFe合金からなることを特徴とする請求項1ないし請求項6記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項8】 前記フリー磁性層のトラック幅に相当する部分の両側に凹部が形成され、これらの凹部を埋め込むように軟磁性層が積層され、これら軟磁性層が前記フリー磁性層に前記凹部底面を介して直接接合されるとともに、これら軟磁性層上にバイアス層と導電層が積層されてなることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項9】 前記フリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されてなり、前記固定磁性層から遠い側のフリー磁性層が第1のフリー磁性層、前記固定磁性層に近い側のフリー磁性層が第2のフリー磁性層とされた場合に、前記第1のフリー磁性層の磁気的膜厚が前記第2のフリー磁性層の磁気的膜厚よりも小さくされてなることを特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれかに記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子。

【請求項10】 基板上に、反強磁性層と、固定磁性層と、非磁性導電層と、フリー磁性層とを順次積層して第1の積層体を形成する工程と、

前記第1の積層体に、トラック幅方向と直交する方向である第1の磁界を印加しつつ第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層に交換異方性磁界を発生させて前記固定磁性層の磁化を固定する工程と、

前記第1の積層体の上に、トラック幅に相当する間隔を開けて軟磁性層を形成し、前記軟磁性層の上にバイアス層を形成し、前記バイアス層の上に前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層を形成して第2の積層体とする工程と、

トラック幅方向に前記反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層に、前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項11】 前記反強磁性層、および前記バイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金を用いることを特徴とする請求項10記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項12】 前記第1の熱処理温度は、220℃～270℃の範囲であることを特徴とする請求項10または請求項11に記載のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項13】 前記第2の熱処理温度は、250℃～270℃の範囲であることを特徴とする請求項10ないし請求項12のいずれかに記載のスピナバルブ型薄膜磁

気素子の製造方法。

【請求項14】 前記第2の磁界は、 $10 \sim 6000 \text{ Oe}$  ( $800 \sim 48000 \text{ A/m}$ ) の範囲であることを特徴とする請求項10ないし請求項13のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法。

【請求項15】 スライダに請求項1ないし請求項9のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定磁性層の固定磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー磁性層の磁化の方向との関係で、電気抵抗が変化するスピバルブ型薄膜磁気素子に関し、特に、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子及びこのスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッド及びフリー磁性層の磁化方向と固定磁性層の磁化方向とを容易に直交させることができるスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果型の磁気ヘッドには、磁気抵抗効果を示す素子を備えたAMR (Anisotropic Magnetoresistive) ヘッドと、巨大磁気抵抗効果を示す素子を備えたGMR (Giant Magnetoresistive) ヘッドとが知られている。AMRヘッドにおいては、磁気抵抗効果を示す素子が磁性体からなる単層構造とされている。一方、GMRヘッドにおいては、複数の材料が積層される多層構造素子とされている。巨大磁気抵抗効果を生み出す構造にはいくつかの種類があるが、比較的構造が単純で、微弱な外部磁界に対して抵抗変化率が高いものとしてスピバルブ型薄膜磁気素子が知られている。

【0003】図13および図14は、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。これらの例のスピバルブ型薄膜磁気素子の上下には、ギャップ層を介してシールド層が形成されており、前記スピバルブ型薄膜磁気素子、ギャップ層、及びシールド層で、再生用のGMRヘッドが構成されている。なお、前記再生用のGMRヘッドの上に、磁気記録用のインダクティブヘッドが積層されていてもよい。このGMRヘッドは、磁気記録用のインダクティブヘッドと共に浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて薄膜磁気ヘッドを構成し、ハードディスク等の磁気記録媒体の記録磁界を検出するものである。なお、図13および図14において、磁気記録媒体の移動方向は、図示Z方向であり、磁気記録媒体からの漏れ磁界の方向は、Y方向である。

【0004】図13に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、基板側から順に反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

図13に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、図13の下側から下地層31、反強磁性層22、固定磁性層23、非磁性導電層24、フリー磁性層25および保護層32で構成された多層膜33と、この多層膜33の両側に形成された一対のハードバイアス層（永久磁石層）29、29、ハードバイアス層29、29上に形成された一対の電極層28、28とで構成されている。なお、下地層31および保護層32は、Ta膜などで形成されている。また、多層膜9の上面の幅寸法によってトラック幅Twが決定される。

【0005】一般的に前記反強磁性層22には、Fe-Mn合金膜やNi-Mn合金膜が、固定磁性層23およびフリー磁性層25には、Ni-Fe合金膜が、非磁性導電層24にはCu膜が、ハードバイアス層29、29にはCo-Pt合金膜が、電極層28、28にはCr膜やW膜が使用されている。

【0006】図13に示すように、固定磁性層23の磁化は、反強磁性層22との交換異方性磁界により、Y方向（記録媒体からの漏れ磁界方向：ハイト方向）に単磁区化され、フリー磁性層25の磁化は、前記ハードバイアス層29、29からのバイアス磁界の影響を受けてX1方向と反対方向に揃えられる。即ち、固定磁性層23の磁化とフリー磁性層25の磁化とが直交するように設定されている。

【0007】このスピバルブ型薄膜素子では、ハードバイアス層29、29上に形成された電極層28、28から、固定磁性層23、非磁性導電層24およびフリー磁性層25に検出電流（センス電流）が与えられる。ハードディスクなどの磁気記録媒体の走行方向は、Z方向である。磁気記録媒体からの漏れ磁界方向がY方向に与えられると、フリー磁性層25の磁化がX1方向と反対方向からY方向に向けて変化する。このフリー磁性層25内での磁化方向の変動と、固定磁性層23の固定磁化方向との関係で、電気抵抗が変化（これを磁気抵抗変化という）し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの漏れ磁界を検出することができる。

【0008】また図14に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、基板側（図14の下側）から順に反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。

【0009】図14において、符号Kは基板を示している。この基板Kの上には、反強磁性層22が形成されている。更に、前記反強磁性層22の上には、固定磁性層23が形成され、この固定磁性層23の上には、非磁性導電層24が形成され、更に、前記非磁性導電層24の上には、フリー磁性層25が形成されている。また、前記フリー磁性層25の上には、バイアス層26、26がトラック幅Twと同じ間隔をあけて設けられ、前記バイ

アス層26、26の上には、導電層28、28が設けられている。

【0010】前記固定磁性層23は、例えば、Co膜、NiFe合金、CoNiFe合金、CoFe合金などにより形成されている。また、前記反強磁性層22は、NiMn合金により形成されている。前記のバイアス層は、交換異方性磁界を発生させる熱処理を必要としない面心立方晶で不規則結晶構造のFeMn合金などの反強磁性材料により形成されている。

【0011】図14に示す固定磁性層23は、前記反強磁性層22との界面にて発生する交換結合による交換異方性磁界により一方向に磁化されている。そして、前記固定磁性層23の磁化方向は、図示Y方向、即ち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に固定されている。

【0012】また、前記フリー磁性層25は前記バイアス層26の交換異方性磁界によって磁化されて単磁区化されている。そして、前記フリー磁性層25の磁化方向は、図示X1方向と反対方向、即ち固定磁性層23の磁化方向と直角に交差する方向に揃えられている。前記フリー磁性層25が、前記バイアス層26の交換異方性磁界により単磁区化されることによって、バルクハウゼンノイズの発生が防止される。

【0013】この従来例のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、導電層28からフリー磁性層25、非磁性導電層24、固定磁性層23に定常電流が与えられ、Z方向に走行する磁気記録媒体からの漏れ磁界が図示Y方向に沿って与えられると、フリー磁性層25の磁化方向が、図示X1方向と反対方向からY方向に向けて変動する。このフリー磁性層25内での磁化方向の変動と固定磁性層23の磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この抵抗変化に基づく電圧変化により磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0014】図14のようなスピンバルブ型薄膜磁気素子を製造するには、図15に示すように、反強磁性層22からフリー磁性層25までの各層を積層形成し、磁場中で熱処理（アニール）を施すことにより、固定磁性層23と反強磁性層22との界面にて交換異方性磁界を発生させて、固定磁性層23の磁化方向を図示Y方向に固定したのち、更に、図16に示すように、ほぼトラック幅に相当する幅のリフトオフレジスト351を形成する。ついで、図17に示すように、リフトオフレジスト351に覆われていないフリー磁性層25の表面に、バイアス層26および導電層28を形成し、前記リフトオフレジスト351を除去したのち、フリー磁性層25の磁化方向をトラック幅方向に揃えることにより、図14に示す磁化方向のスピンバルブ型薄膜磁気素子が製造される。

【0015】次に、図18は、従来の他の例のスピンバルブ型薄膜素子を備えた薄膜磁気ヘッドの要部の一例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面

図である。図18において、符号MR3は、スピンバルブ型薄膜素子を示している。図18において、符号a12は積層体である。この積層体a12は、下地層121上に反強磁性層122が形成され、該反強磁性層122上に固定磁性層153が形成され、更に固定磁性層153上に非磁性導電層124が形成され、該非磁性導電層124上にフリー磁性層175が形成され、更にフリー磁性層175上に保護層127が形成されてなるものである。

【0016】この例のスピンバルブ型薄膜素子MR3のフリー磁性層175は、非磁性中間層176と、この非磁性中間層176を挟む第1のフリー磁性層177と第2のフリー磁性層178とから構成されている。第1のフリー磁性層177は、非磁性中間層176より保護層127側に設けられ、第2のフリー磁性層178は、非磁性中間層176より非磁性導電層124側に設けられている。また、第2のフリー磁性層178は、拡散防止層179と強磁性層180とから形成されている。

【0017】第2のフリー磁性層178の厚さ $t_2$ は、第1のフリー磁性層177の厚さ $t_1$ よりも厚く形成されている。また、第1のフリー磁性層178及び第2のフリー磁性層178の飽和磁化をそれぞれ $M_1$ 、 $M_2$ としたとき、第1のフリー磁性層177及び第2のフリー磁性層178の磁氣的膜厚はそれぞれ $M_1 \cdot t_1$ 、 $M_2 \cdot t_2$ となる。なお、第2のフリー磁性層178が拡散防止層179及び強磁性層180から構成されているため、第2のフリー磁性層178の磁氣的膜厚 $M_2 \cdot t_2$ は、拡散防止層179の磁氣的膜厚と強磁性層180の磁氣的膜厚との和となる。

【0018】そしてこのフリー磁性層175にあっては、第1のフリー磁性層177と第2のフリー磁性層178との磁氣的膜厚の関係が、 $M_2 \cdot t_2 > M_1 \cdot t_1$ とするように構成されている。また、先の第1のフリー磁性層177及び第2のフリー磁性層178は、相互に反強磁性的に結合とされている。即ち、第2のフリー磁性層178の磁化方向がハードバイアス層126、126により図示X1方向に揃えられた場合、第1のフリー磁性層177の磁化方向は図示X1方向の反対方向に揃えられる。

【0019】また、先の第1、第2のフリー磁性層177、178の磁氣的膜厚の関係が $M_2 \cdot t_2 > M_1 \cdot t_1$ とされていることから、第2のフリー磁性層178の磁化が残存した状態となり、フリー磁性層175全体の磁化方向が図示X1方向に揃えられる。このときのフリー磁性層175の実効膜厚は、 $(M_2 \cdot t_2 - M_1 \cdot t_1)$ とされる。このように、第1のフリー磁性層177と第2のフリー磁性層178は、それぞれの磁化方向が反平行方向となるように反強磁性的に結合され、かつ磁氣的膜厚の関係が $M_2 \cdot t_2 > M_1 \cdot t_1$ とされていることから、人工的なフェリ磁性状態とされている。またこれにより、



フリー磁性層175の磁化方向と固定磁性層153の磁化方向とが交差する関係となる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図13に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子では、以下に説明するような問題が発生するおそれがあった。図13に示す固定磁性層23の磁化は、上述したように、図示Y方向に単磁区化されて固定されているが、前記固定磁性層23の両側には、X1方向と反対方向に磁化されているハードバイアス層29、29が設けられている。そのため特に、固定磁性層23の両側の磁化が、前記ハードバイアス層29、29からのバイアス磁界の影響を受け、図示Y方向に固定され難くなっている。

【0021】即ち、前記X1方向と反対方向のハードバイアス層29、29の磁化の影響を受けて、X1方向と反対方向に単磁区化されているフリー磁性層25の磁化と、固定磁性層23の磁化とは、特に、多層膜33の側端部付近では、直交関係になり難い。前記フリー磁性層25の磁化と、固定磁性層23の磁化とを直交関係にしておく理由は、フリー磁性層25の磁化が小さな外部磁界でも容易に変動が可能で、電気抵抗を大きく変化させることができ、再生感度を向上させることができるからである。更に、前記磁化が直交関係にあると、良好な対称性を有する出力波形を得ることが可能になるためである。

【0022】しかも、フリー磁性層25のうち、その側端部付近における磁化は、ハードバイアス層29、29からの強い磁化の影響を受けるために不要に固定されやすくなる傾向にあり、外部磁界に対して磁化が敏感に変動しにくくなっており、図13に示すように、多層膜33の側端部付近には、再生感度の悪い不感領域が形成される。

【0023】前述の多層膜33のうち、不感領域を除いた中央部分の領域が、実質的に記録磁界の再生に寄与し、磁気抵抗効果を発揮する感度領域であり、この感度領域の幅は、多層膜33の形成時に設定されたトラック幅Twよりも不感領域の幅寸法分だけ短くなっており、不感領域のぼらつきのために正確なトラック幅を画定することが困難となっている。そのため、トラック幅を狭くして高記録密度化に対応することが難しくなるという問題がある。

【0024】また、図14に示すスピバルブ型の薄膜磁気素子は、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して90°に交差する方向に揃えるものである。前記エクステンジバイアス方式は、不感領域があるため実効トラック幅の制御が困難であるハードバイアス方式と比較して、トラック幅の狭い高密度記録に対応するスピバルブ型薄膜磁気素子に適した方式である。

【0025】しかしながら、図14に示すスピバルブ型薄膜磁気素子においては、反強磁性層22がNi-Mn合金で形成されているため耐食性に問題があった。また、反強磁性層22にNi-Mn合金またはFe-Mn合金を用いたスピバルブ型薄膜磁気素子では、薄膜磁気ヘッドの製造工程でさらされるトリポリリン酸ソーダなどを含んだ弱アルカリ性溶液や乳化剤により腐食して、交換異方性磁界が小さくなってしまふなどの問題がある。

【0026】また、反強磁性層22がNi-Mn合金で形成されていることにより、バイアス層26、26に使用する反強磁性材料に制約があり、その結果、バイアス層26、26の耐熱性、耐食性が悪いという不都合があった。即ち、耐熱性の高いバイアス層26、26を形成するためには、Ni-Mn合金からなる反強磁性層22と固定磁性層23の界面に、図示Y方向に作用する交換異方性磁界に対し、交差する方向に磁場中で熱処理を施すことにより、バイアス層26、26とフリー磁性層25の界面に、X1方向と反対方向に交換異方性磁界を発生可能なNi-Mn合金などの反強磁性材料を選択しなければならない。

【0027】しかし、前記磁場中で熱処理を施した際に、反強磁性層22と固定磁性層23の界面に作用する交換異方性磁界がY方向からX1方向と反対方向に傾き、固定磁性層23の磁化方向とフリー磁性層25の磁化方向が非直交となってしまう、出力信号波形の対称性が得られなくなってしまう問題があった。そこで、バイアス層26、26には、磁場中加熱処理を必要とせず、磁場中で成膜直後に交換異方性磁界を発生する反強磁性材料を選択する必要がある。このような理由により、バイアス層26、26は、一般的に、面心立方晶で不規則結晶構造を有するFe-Mn合金により形成されている。

【0028】しかしながら、磁気記録装置などに装着した場合には、装置内の温度上昇または検出電流により発生するジュール熱の発生により、素子部の温度が100℃を超える高温となるため、交換異方性磁界が低下し、フリー磁性層25を単磁区化することが困難となり、結果として、バルクハウゼンノイズを発生してしまう問題があった。また、Fe-Mn合金は、Ni-Mn合金以上に耐食性が悪く、薄膜磁気ヘッドの製造工程でさらされるトリポリリン酸ソーダなどを含んだ弱アルカリ性溶液や乳化剤などにより腐食して、交換異方性磁界が小さくなってしまふなどの問題があるのみならず、磁気記録装置内においても腐食が進行して耐久性に劣るという問題がある。

【0029】また、図15～図17に示す従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法にあっては、図16に示すリフトオフレジスト351を形成する工程で、前記基板と前記バイアス層との間に形成される最上層の表面

が大気に触れてしまい、大気に触れた表面をArなどの希ガスによりイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングしてからその上の層を形成する必要がある。このため、製造工程が増大する問題がある。更に、前記最上層の表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要があるため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じてしまう。

【0030】また、図18に示したスピバルブ型薄膜素子MR3においては、積層体a12の側面上端付近でのハードバイアス層126、126の先端部126a、126aから第1のフリー磁性層177に与えられる磁界が強く、しかもこの磁界は第1のフリー磁性層177に付与したい磁界方向と逆向きの磁界であるので、ハードバイアス層126、126の磁界が後述のスピフロップ磁界( $H_{sf}$ )よりも大きくなると、本来第1のフリー磁性層177に付与したい磁界方向と逆向きの磁界が第1のフリー磁性層177の両端部(各ハードバイアス層126の近傍部分)に作用されることとなり、第1のフリー磁性層177の中央部では磁化の方向が第2のフリー磁性層178の磁化の向きの逆向き(X1方向の逆向き)に揃っているものの、両端部では磁化の方向が乱れてしまう問題がある。

【0031】このように第1のフリー磁性層177の両端部の磁化の方向が乱れると、磁化の向きが第1のフリー磁性層177の磁化の方向と反平行方向(X1方向)に揃えられる第2のフリー磁性層178は、中央部の磁化の方向が第1のフリー磁性層177の磁化の向きと逆向き(X1方向)に揃っているものの、両端部の磁化の方向が乱れてしまい、第1、第2のフリー磁性層177、178の両端部の磁化の方向が反平行に揃わなくなる結果、トラック幅Twの両端のところで、再生波形の不安定性の原因となり、サーボエラー等の問題を引き起こすおそれを有していた。

【0032】次に、上記スピフロップ磁界について図19を用いて説明する。図19は、フリー磁性層のM-H曲線を示す図である。このM-H曲線とは、図19に示す構成のスピバルブ型薄膜素子MR3のフリー磁性層175に対してトラック幅方向から外部磁界Hを印加したときの、フリー磁性層175の磁化Mの変化を示したものである。図19では外部磁界Hがハードバイアス層126、126からのバイアス磁界に相当する。

【0033】また、図19において、 $F_1$ で示す矢印は、第1のフリー磁性層177の磁化方向を表し、 $F_2$ で示す矢印は、第2のフリー磁性層178の磁化方向を表す。図19に示すように、外部磁界Hが小さいときは、第1のフリー磁性層177と第2のフリー磁性層178が反強磁性的に結合した状態、即ち、矢印 $F_1$ と矢印 $F_2$ の方向が反平行になっているが、外部磁界Hの大

きがある値を超えると、矢印 $F_1$ と矢印 $F_2$ の方向が反平行に揃わなくなり、第1フリー磁性層177と第2フリー磁性層178の反強磁性的結合が壊され、フェリ磁性状態を維持できなくなる。これがスピフロップ転移である。またこのスピフロップ転移が起きたときの外部磁界の大きさがスピフロップ磁界であり、図19では $H_{sf}$ で示している。そして、更に外部磁界Hをスピフロップ磁界 $H_{sf}$ より大きくしていくと、矢印 $F_1$ の方向が更に回転して、矢印 $F_2$ の方向の平行方向を向き、即ち、矢印 $F_1$ は元の方向と $180^\circ$ 異なる方向を向き、フェリ磁性状態が完全に崩れてしまう。これが飽和磁界であって、図19では $H_s$ で示している。

【0034】従って、図19の第1、第2のフリー磁性層177、178の両端部の磁化の方向は、例えば、図20の矢印 $F_1$ で示す第1のフリー磁性層177の領域に存在する各種矢印のように第1フリー磁性層177の両端部においてより大きく乱れることとなり、この第1フリー磁性層177の磁化の方向に対してフェリ状態の反平行状態になろうとする磁化が図20の矢印 $F_2$ に示す第2のフリー磁性層178の領域のような方向を向く関係となってしまふ。従って、図18に示す構造のスピバルブ型薄膜素子MR3においてもトラック幅Twの両端のところで、再生波形不安定性の原因となり、サーボエラー等の問題を引き起こすおそれを有していた。図20に示す磁化の状態を更に詳述すると、第1のフリー磁性層177の左右両端側ではハードバイアス層からの強い逆方向磁界がかかり、これにより第2のフリー磁性層178の磁化分布も乱れてバルクハウゼンノイズ等の発生が考えられ、磁氣的安定性に不安を有することになる。

【0035】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、バイアス層の材質を改良することにより、耐熱性、耐食性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供するとともに、フリー磁性層の磁化方向を確実に揃えることができるバイアス構造を備えたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することを課題としている。更に本発明は、フリー磁性層を2層に分離した構造を採用し、フリー磁性層にバイアスが印加される構造を採用しても、各フリー磁性層の端部側での磁化の乱れを生じ難い構造としてバイアスを良好に作用できるように構成し、バルクハウゼンノイズの発生を抑え、安定性を高めたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することを課題としている。

【0036】また、フリー磁性層の磁化方向と固定磁性層の磁化方向とを容易に直交させることができる前記スピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を提供することを課題としている。更にまた、前記スピバルブ型薄膜磁気素子を備え、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる信頼性の高い薄膜磁気ヘッドを提供することを課題としている。

【0037】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層と、前記反強磁性層の上に形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層の上に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層と、前記フリー磁性層に接してトラック幅に相当する間隔を開けて配置された軟磁性層と、前記軟磁性層に接して形成され、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるバイアス層と、前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層とを基板上に有するスピンバルブ型薄膜磁気素子であり、前記反強磁性層、および前記バイアス層は、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnを含む合金からなることを特徴とするものである。

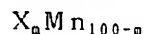
【0038】このようなスピンバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層およびバイアス層が、上記の合金からなるものであるため、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性、耐食性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を提供することが可能となる。また、装置内の温度が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。更にまた、反強磁性層を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層の磁化方向を強固に固定することができる。また、フリー磁性層とバイアス層の間に軟磁性層が形成されているため、フリー磁性層の磁化方向を確実に揃えることができる。

【0039】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された層どうして磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とするものとしてもよい。

【0040】少なくとも固定磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されたスピンバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断された固定磁性層のうち一方が他方の固定磁性層を適正な方向に固定する役割を担い、固定磁性層の状態を非常に安定した状態に保つことが可能となる。一方、少なくともフリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されスピンバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断されたフリー磁性層どうしの間に交換結合磁界が発生し、フェリ磁性状態とされ、外部磁界に対して感度よく反転できるものとなる。

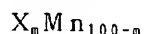
【0041】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子

においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることが望ましい。



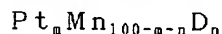
但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、48原子% $\leq m \leq 60$ 原子%である。より好ましい組成比を示すmは、48原子% $\leq m \leq 58$ 原子%である。

【0042】更に、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であることが望ましい。



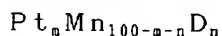
但し、Xは、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すnは、52原子% $\leq n \leq 60$ 原子%である。

【0043】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



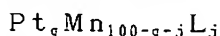
但し、Dは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは48原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%である。より好ましい組成比を示すm、nは、48原子% $\leq m+n \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%である。

【0044】更にまた、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



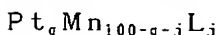
但し、Dは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%である。

【0045】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、48原子% $\leq q+j \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%である。より好ましくは組成比を示すq、jは、48原子% $\leq q+j \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%である。

【0046】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。

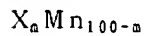


但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素

であり、組成比を示す $q, j$ は、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。

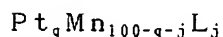
【0047】とくに、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、反強磁性層とバイアス層とを構成する合金の組成を同一とする場合には、次の①～③の組み合わせが好ましい。

①即ち、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。



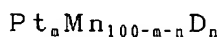
但し、 $X$ は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示す $m$ は、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ である。また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す $m$ が、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 56.3\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0048】②また、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。



但し、 $L$ は、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す $q, j$ は、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す $q, j$ が、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 56.3\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0049】③また、反強磁性層およびバイアス層を構成する合金の組成比が以下の場合であることが好ましい。



但し、 $D$ は、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種又は2種以上の元素であり、組成比を示す $m, n$ は、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ である。また、上記の反強磁性層およびバイアス層の組成比を示す $m, n$ が、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 56.3\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ であることが好ましい。

【0050】また、反強磁性層とバイアス層を構成する合金の組成を異ならしめる場合は、次の④～⑥の組み合わせが好ましい。

④即ち、バイアス層が組成式 $X_m \text{Mn}_{100-m}$ で表され、 $X$ が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示す $m$ が、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ の合金であると共に、反強磁性層が、組成式 $X_m \text{Mn}_{100-m}$ で表され、 $X$ が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示す $m$ が、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ の合金であることが好ましい。また、バイアス層の組成比を示す $m$ が、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 54\text{原子}\%$ または $56.8\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ であることがよ

り好ましい。

【0051】⑤バイアス層が、組成式 $\text{Pt}_q \text{Mn}_{100-q-j} \text{L}_j$ で表され、 $L$ が、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す $q, j$ が、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ の合金であるとともに、反強磁性層が組成式 $\text{Pt}_m \text{Mn}_{100-m-n} \text{D}_n$ で表され、 $D$ が、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す $q, j$ が、 $48\text{原子}\% \leq q+j \leq 58\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ の合金であることが好ましい。また、バイアス層の組成比を示す $q, j$ が $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 54\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ または $56.8\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0052】⑥バイアス層が、組成式 $\text{Pt}_m \text{Mn}_{100-m-n} \text{D}_n$ で表され、 $D$ が、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す $m, n$ が、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ の合金であるとともに、反強磁性層が組成式 $\text{Pt}_q \text{Mn}_{100-q-j} \text{L}_j$ で表され、 $D$ が、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示す $m, n$ が、 $48\text{原子}\% \leq m+n \leq 58\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ の合金であることが好ましい。また、バイアス層の組成比を示す $m, n$ が $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 54\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ または $56.8\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0053】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記軟磁性層は、NiFe合金からなることが望ましい。

【0054】本発明において、前記フリー磁性層のトラック幅に相当する部分の両側に凹部が形成され、これらの凹部を埋め込むように軟磁性層が積層され、これら軟磁性層が前記フリー磁性層に前記凹部底面でもって直接接合されるとともに、これら軟磁性層上にバイアス層と導電層が積層されてなることを特徴とする構造を採用しても良い。一般に、強磁性体と強磁性体の界面での交換結合より、強磁性体と反強磁性体の界面での交換結合の方が界面での汚染や結晶性の乱れの悪影響を受け易い。従って、軟磁性層とバイアス層は同一成膜装置内で連続的に成膜することが必要である。フリー磁性層に凹部を設ける事なく軟磁性層を成膜した場合、トラック幅の両側部分の合計の(強磁性膜厚×飽和磁化)がフリー磁性層の(強磁性膜厚×飽和磁化より大幅に厚くなる。)フリー磁性層が受ける縦バイアスの強さはトラック両端部分の(強磁性膜厚×飽和磁化)をフリー磁性層の(強磁性膜厚×飽和磁化)で割った値に比例するために、凹部

を設けない場合は縦バイアスが必要以上に強くなり過ぎて、トラック両端部分に不感領域を生じたり、素子全体の感度が低下するといった問題を生じる場合があった。また、あまりに軟磁性層を厚くし過ぎるとバイアス層と軟磁性層間の交換結合磁界が膜厚に反比例して小さくなるために、わずかな外乱磁界で縦バイアス状態が変化して再生波形の不安定性に結び付くといった不具合を生じる場合も考えられる。軟磁性層の厚みを極力薄くすることでこれらは改善は可能であるが、あまり軟磁性層を薄くすると軟磁性層が十分な結晶性を保てなくなること等により、軟磁性層とバイアス層間の交換結合磁界が逆に劣化してくる問題がある。凹部を設けた場合は、凹部の深さ分だけ継ぎ足した軟磁性層の分の一部の膜厚が相殺されるために、必要以上に縦バイアスが強くなりにくいとともに、軟磁性層間の交換結合磁界も低下しにくいいため、再生感度とトラック幅の制御性と再生波形の安定性が向上する効果がある。第2の効果として、凹部をイオンミリング等で掘り込むことで、フリー磁性層表面の汚染物質を効果的に除去することができ、軟磁性層とフリー磁性層間の強磁性交換結合をより強固にしてフリー磁性層に縦バイアスを有効に伝達する効果もある。また、フリー磁性層の上にCu等のバックド層やTa等の酸化防止層が積層されている場合であっても、凹部を掘り込むことで確実にフリー磁性層を構成する強磁性体表面を露出させることができる。

【0055】更に本発明において、前記フリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されてなり、前記固定磁性層から遠い側のフリー磁性層が第1のフリー磁性層、前記固定磁性層に近い側のフリー磁性層が第2のフリー磁性層とされた場合に、前記第1のフリー磁性層の磁氣的膜厚が前記第2のフリー磁性層の磁氣的膜厚よりも小さくされてなることを特徴とする構造を採用しても良い。

【0056】更に、前記の課題は、基板上に、反強磁性層と、固定磁性層と、非磁性導電層と、フリー磁性層とを順次積層して第1の積層体を形成する工程と、前記第1の積層体に、トラック幅方向と直交する方向である第1の磁界を印加しつつ第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層に交換異方性磁界を発生させて前記固定磁性層の磁化を固定する工程と、前記第1の積層体の上に、トラック幅に相当する間隔を開けて軟磁性層を形成し、前記軟磁性層の上にバイアス層を形成し、前記バイアス層の上に前記フリー磁性層に検出電流を与える導電層を形成して第2の積層体とする工程と、トラック幅方向に、前記反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層に前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与する工程とを有することを特徴とするスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法によって解決できる。

【0057】上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記反強磁性層および前記バイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金を用いることが好ましい。また、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記第1の熱処理温度は、220℃～270℃の範囲であることが好ましい。更にまた、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記第2の熱処理温度は、250℃～270℃の範囲であることが好ましい。

【0058】また、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、前記第2の磁界は、10～600 Oe (800～48000 A/m) の範囲であることが望ましい。

【0059】図21は、ボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子とトップ型スピナバルブ型薄膜磁気素子における反強磁性層の熱処理温度と交換異方性磁界との関係を示したグラフである。図21から明らかなように、反強磁性層と基板との距離が近い（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層（■印）の交換異方性磁界は、200℃で既に発現し、240℃付近で600 (Oe) を越えている。一方、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子よりも遠い（または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された）トップ型スピナバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層（◆印）の交換異方性磁界は、240℃付近で発現し、約260℃付近において600 Oe (48000 A/m) を越えている。

【0060】このように、反強磁性層と基板との距離が近い（または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された）ボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層は、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子よりも遠い（または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された）トップ型スピナバルブ型薄膜磁気素子と比較して、比較的低い熱処理温度で高い交換異方性磁界が得られることがわかる。

【0061】本発明のスピナバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層と基板との距離が近いボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子であり、前記反強磁性層に使用される材質と同様の材質によって形成されたバイアス層が反強磁性層よりも基板から遠い位置に配置されている。また、固定磁性層と基板との距離が近いボトム型のスピナバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層の下に反強磁性層が配置され、反強磁性層と基板との距離がボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子よりも遠いトップ型のスピナバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層の上に反強磁性層が配置されている。

【0062】したがって、本発明のスピナバルブ型薄膜

磁気素子の製造方法において、例えば、第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度(220~270℃)で前記第1の積層体を熱処理すると、反強磁性層に交換異方性磁界が生じ、固定磁性層の磁化方向が同一方向に固定される。また、反強磁性層の交換異方性磁界は、600(Oe)以上となる。次に、第1の磁界と直交する方向の第2の磁界10~600 Oe(800~48000 A/m)を印加しつつ、第2の熱処理温度(250~270℃)で、前記第2の積層体を熱処理すると、バイアス層の交換異方性磁界が生じ、フリー磁性層の磁化方向が第1の磁界に対して交差する方向とされる。また、バイアス層の交換異方性磁界は、600 Oe(48000 A/m)以上となる。

【0063】このとき、第2の磁界を先の第1の熱処理にて発生した反強磁性層の交換異方性磁界よりも小さくしておけば、反強磁性層に第2の磁界が印加されても、反強磁性層の交換異方性磁界が劣化することがなく、固定磁性層の磁化方向を固定したままにすることが可能になる。このことにより、固定磁性層の磁化方向とフリー磁性層の磁化方向とを交差する方向にすることができ

る。

【0064】したがって、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、耐熱性に優れたPtMn合金などの合金を反強磁性層だけでなくバイアス層にも使用し、固定磁性層の磁化方向に悪影響を与えることなく、バイアス層にフリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃える交換異方性磁界を発生させることができ、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えることができるため、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を提供することが可能となる。

【0065】また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、第1の積層体の上に軟磁性層を形成し、前記軟磁性層の上にバイアス層を形成する方法であるので、軟磁性層を形成したのち、真空を破ることなく前記バイアス層を形成することができ、前記バイアス層が形成される表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。また、前記バイアス層を形成する前に前記バイアス層が形成される面をクリーニングする必要がないため、容易に製造することができる。

【0066】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライダに上記のスピバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなることを特徴とする。このような薄膜磁気ヘッドとすることで、耐久性および耐熱性、耐食性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる信頼性の高い薄膜磁気ヘッドとすることができる。

【0067】

【発明の実施の形態】以下、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の実施形態について、図面を参照して詳しく説明する。

【第1の実施形態】図1は、本発明の第1の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図、図5および図6は、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを示した図である。

【0068】本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の上下には、ギャップ層を介してシールド層が形成され、スピバルブ型薄膜磁気素子、ギャップ層、及びシールド層で、再生用のGMRヘッドh1が構成されている。なお、前記再生用のGMRヘッドh1に、記録用のインダクティブヘッドh2を積層してもよい。

【0069】このスピバルブ型薄膜磁気素子を具備してなるGMRヘッドh1は、図5に示すように、インダクティブヘッドh2と共にスライダ151のトレーリング側端部151dに設けられて薄膜磁気ヘッド150を構成し、ハードディスク等の磁気記録媒体の記録磁界を検出することが可能になっている。なお、図1において、磁気記録媒体の移動方向は図示Z方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0070】図5に示す薄膜磁気ヘッド150は、スライダ151と、スライダ151の端面151dに備えられたGMRヘッドh1及びインダクティブヘッドh2を主体として構成されている。符号155は、スライダ151の磁気記録媒体の移動方向の上流側であるリーディング側を示し、符号156は、トレーリング側を示している。このスライダ151の媒体対向面152には、レール151a、151a、151bが形成され、各レール同士間には、エアグループ151c、151cとされている。

【0071】図6に示すように、GMRヘッドh1は、スライダ151の端面151d上に形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などからなる非磁性絶縁体の下地層200と、下地層200の上に形成された磁性合金からなる下部シールド層163と、下部シールド層163に積層された下部ギャップ層164と、媒体対向面152から露出するスピバルブ型薄膜磁気素子1と、スピバルブ型薄膜磁気素子1及び下部ギャップ層164を覆う上部ギャップ層166と、上部ギャップ層166を覆う上部シールド層167とから構成されている。上部シールド層167は、インダクティブヘッドh2の下部コア層と兼用とされている。

【0072】インダクティブヘッドh2は、下部コア層(上部シールド層)167と、下部コア層167に積層されたギャップ層174と、コイル176と、コイル176を覆う上部絶縁層177と、ギャップ層174に接合され、かつコイル176側にて下部コア層167に接



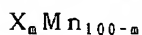
合される上部コア層178とから構成されている。コイル176は、平面的に螺旋状となるようにパターン化されている。また、コイル176のほぼ中央部分にて上部コア層178の基端部178bが下部コア層167に磁気的に接続されている。また、上部コア層178には、アルミナなどからなる保護層179が積層されている。

【0073】図1に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子1は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、フリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子である。また、この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子1は、反強磁性材料をバイアス層として使用するエクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。前記エクステンジバイアス方式は、不感領域があるため実効トラック幅の制御が困難であるハードバイアス方式と比較して、高密度記録に対応するトラック幅の狭いスピンバルブ型薄膜磁気素子に適した方式である。

【0074】図1において、符号Kは基板を示している。この基板Kの上には、反強磁性層2が形成されている。更に、前記反強磁性層2の上には、固定磁性層3が形成され、この固定磁性層3の上には、非磁性導電層4が形成され、更に、前記非磁性導電層4の上には、フリー磁性層5が形成されている。また、前記フリー磁性層5の上には、軟磁性層7、7がトラック幅Twに相当する間隔を開けて設けられている。前記軟磁性層7、7の上にはバイアス層6、6が設けられ、前記バイアス層6、6の上には導電層8、8が形成されている。

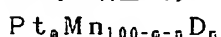
【0075】前記基板Kは、 $Al_2O_3-TiC$ 系セラミックス151などの表面に、非磁性絶縁体の $Al_2O_3$ （アルミナ）からなる下地層200が形成され、下地層200の上に下部シールド層163と下部ギャップ層164が順次形成されている。

【0076】前記反強磁性層2は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものである。これらの合金からなる反強磁性層2は、耐熱性、耐食性に優れるという特徴を有している。特に前記反強磁性層2は、下記の組成式からなる合金であることが好ましい。



但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ である。

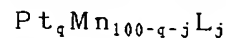
【0077】更に、前記反強磁性層2は、下記の組成式からなる合金であっても良い。



但し、Dは、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは $48\text{原子}\% \leq m+n \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\%$

子 $\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ である。

【0078】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、前記反強磁性層は、下記の組成式からなる合金であることが望ましい。



但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、 $48\text{原子}\% \leq q+j \leq 60\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ である。また、組成比を示すq、jが、 $48\text{原子}\% \leq q+j \leq 58\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0079】前記固定磁性層3は、例えば、Co膜、NiFe合金、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金などで形成されている。図1に示す固定磁性層3は、反強磁性層2に接して形成され、磁場中熱処理を施すことにより、前記固定磁性層3と前記反強磁性層2との界面にて発生する交換結合による交換異方性磁界により磁化されている。前記固定磁性層3の磁化方向は、図示Y方向、即ち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に固定されている。

【0080】また、前記非磁性導電層4は、Cu、Au、Agなどの非磁性導電膜により形成されることが好ましい。

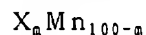
【0081】また、前記フリー磁性層5は、前記固定磁性層3と同様の材質などで形成されることが好ましい。前記フリー磁性層5は、バイアス層6からのバイアス磁界によって磁化され、図示X1方向と反対方向、即ち固定磁性層3の磁化方向と交差する方向に磁化方向が揃えられている。前記フリー磁性層5が前記バイアス層6により単磁区化されることによって、バルクハウゼンノイズの発生が防止される。

【0082】前記軟磁性層7は、Co、Ni、Fe、Co-Fe合金、Co-Ni-Fe合金、CoNi合金、NiFe合金などで形成され、中でも、フリー磁性層5を構成する材料と同一の合金で形成されることが好ましく、フリー磁性層5の表面がNiFe合金で形成されている場合は、軟磁性層7をNiFe合金で形成することが好ましい。これは、軟磁性層7を、フリー磁性層5を構成する材料と同一とした方が、軟磁性層7とフリー磁性層5の界面での強磁性結合が確実となり、バイアス層6と軟磁性層7との界面に発生させた一方向異方性の交換結合磁界を軟磁性層7を介してフリー磁性層5へ伝搬させることが可能となる。

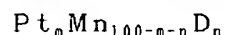
【0083】前記バイアス層6は、前記反強磁性層2と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により、軟磁性層7との界面にて交換異方性磁界が発現されて、交換異方

性磁界が軟磁性層7へ伝搬し、軟磁性層7とフリー磁性層5との界面で発生する強磁性結合によりフリー磁性層5を一定の方向に磁化するものである。そして、これらの合金からなるバイアス層6は、耐熱性、耐食性に優れるという特徴を有している。

【0084】特に前記バイアス層6は、下記の組成式からなる合金であることが好ましい。

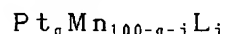


但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素であり、組成比を示すmは、52原子% $\leq m \leq 60$ 原子%である。更に、バイアス層6は、下記の組成式からなる合金であっても良い。



但し、Dは、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すm、nは52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%である。

【0085】更にまた、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記バイアス層は、下記の組成式からなる合金であってもよい。



但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素であり、組成比を示すq、jは、52原子% $\leq q+j \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%である。また、前記導電層8、8は、例えば、Au、W、Cr、Taなどで形成されることが好ましい。

【0086】このスピバルブ型薄膜磁気素子1においては、導電層8、8からフリー磁性層5、非磁性導電層4、固定磁性層3に定常電流が与えられ、図示Z方向に走行する磁気記録媒体からの漏れ磁界が図示Y方向に与えられると、前記フリー磁性層5の磁化方向が図示X方向と反対方向から図示Y方向に向けて変動する。このフリー磁性層5内での磁化方向の変動と固定磁性層3の磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この抵抗変化に基づく電圧変化により磁気記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0087】次に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1の製造方法を説明する。この製造方法は、スピバルブ型薄膜磁気素子1における反強磁性層2およびバイアス層6、6の位置によって、熱処理により発生する反強磁性層2およびバイアス層6、6の交換異方性磁界の大きさが相違する性質を利用してなされたものであり、1度目の熱処理で固定磁性層3の磁化方向を固定し、2度目の熱処理でフリー磁性層5の磁化方向を前記固定磁性層3の磁化方向と交差する方向に揃えるものである。

【0088】即ち、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1の製造方法では、基板K上に、反強磁性層2と、固定磁性層3と、非磁性導電層4と、フリー磁性層5とを順次積層して図2に示す第1の積層体a1を形成したの

ち、前記第1の積層体a1にトラック幅Tw方向と直交する方向(図2の紙面垂直方向)である第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層2に交換異方性磁界を発生させて、前記固定磁性層3の磁化を固定する。

【0089】次に、図3に示すように、前記第1の積層体a1の上に、トラック幅Twに相当する幅の基端部を有するリフトオフ用レジスト351を形成し、マスクとなるリフトオフ用レジスト351で覆われていないフリー磁性層5の表面をArなどの希ガスにより、イオンミリング法や逆スパッタ法によりクリーニングを行う。ついで、図4に示すように、トラック幅Twに相当する間隔を開けて露出したフリー磁性層5の表面およびリフトオフレジスト351上に、軟磁性層7、7を形成し、続いて、前記軟磁性層7、7の上にバイアス層6、6を形成し、更に、前記バイアス層6、6の上に導電層8、8を形成したのち、リフトオフレジスト351をエッチングにより除去すると、図1に示すスピバルブ型薄膜磁気素子1と同じ形状の第2の積層体a2が得られる。

【0090】このようにして得られた第2の積層体a2に対し、トラック幅Tw方向に前記反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層5に前記固定磁性層3の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与することによって、スピバルブ型薄膜磁気素子1が得られる。

【0091】次に、反強磁性層の熱処理温度と交換異方性磁界との関係について、図21、図22、図23を参照して詳しく説明する。図21に示した■印は、基板とフリー磁性層の間に反強磁性層を配置したボトム型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の交換異方性磁界の熱処理温度依存性を示し、図21に示した◆印は、フリー磁性層よりも基板から離れた位置に反強磁性層を配置したトップ型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の交換異方性磁界の熱処理温度依存性を示す。従って、◆印のトップ型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層は、■印のボトム型シングルスピバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層よりも、基板から離れた位置に設けられていることになる。

【0092】具体的には、図21に示した◆印で示したトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図24に示すようにSiの基板Kの上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(厚さ1000Å)からなる下地絶縁層200、Ta(厚さ50Å)からなる下地層210、NiFe合金(厚さ70Å)、Co層(厚さ10Å)の2層からなるフリー磁性層5、Cu(厚さ30Å)からなる非磁性導電層4、Co(厚さ25Å)からなる固定磁性層3、Pt<sub>55.4</sub>Mn<sub>44.6</sub>(厚さ300Å)からなる反強磁性層2、Ta(厚さ50Å)からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

【0093】また、図21に示した■印で示したボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図23に示すように、Si基板Kの上に $Al_2O_3$ （厚さ1000Å）からなる下地絶縁層200、Ta（厚さ30Å）からなる下地層210、 $Pt_{54.4}Mn_{45.6}$ （厚さ300Å）からなる反強磁性層2、Co（厚さ25Å）からなる固定磁性層3、Cu（厚さ26Å）からなる非磁性導電層4、Co層（厚さ10Å）、NiFe合金（厚さ70Å）の2層からなるフリー磁性層5、Ta（厚さ50Å）からなる保護層220の順に形成された構成のものである。

【0094】即ち、◆印で示したトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層2が固定磁性層3の上側に配置され、Si基板Kと反強磁性層2との間には、フリー磁性層5、非磁性導電層4、固定磁性層3が挟まれて形成されている。即ち、■印で示したボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層2が固定磁性層3の下側に配置され、Si基板Kと反強磁性層2との間には、固定磁性層3、非磁性導電層4、フリー磁性層5が形成されていない構造とされる。

【0095】図21に示すように、■印で示す反強磁性層（ $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$ ）の交換異方性磁界は、220℃を過ぎて上昇しはじめ、240℃を越えると700（Oe）程度になって一定となる。また、◆印で示す反強磁性層（ $Pt_{54.4}Mn_{45.6}$ ）の交換異方性磁界は、240℃を過ぎて上昇し、260℃を超えると600（Oe）を越えて一定となる。このように、基板に近い位置に配置された反強磁性層（■印）は、基板より離れた位置に配置された反強磁性層（◆印）と比較して、比較的低い熱処理温度で高い交換異方性磁界が得られることがわかる。

【0096】本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1の製造方法は、上述した反強磁性層の性質を利用したものである。即ち、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1は、反強磁性層2と基板Kとの距離が近い（または、固定磁性層3の下に反強磁性層2が配置された）ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子1であり、前記反強磁性層2に使用される合金と同様の材料によって形成されたバイアス層6が反強磁性層2よりも基板Kから遠い位置に配置されている。

【0097】したがって、例えば、第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度（220～270℃）で前記第1の積層体a1を熱処理すると、反強磁性層2に交換異方性磁界が生じ、固定磁性層3の磁化方向が固定される。また、反強磁性層2の交換異方性磁界は、600 Oe（48000 A/m）以上となる。次に、第1の磁界と直交する方向の第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度（250～270℃）で前記第2の積層体a2を熱処理すると、フリー磁性層5の磁化方向が第1の磁界に対して交差する方向とされる。また、バイアス層6の交換異方性磁界は、600 Oe（48000 A/m）以上となる。

m）以上となる。

【0098】このとき、第2の磁界を先の熱処理にて発生した反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さくしておけば、反強磁性層2に第2の磁界が印加されても、反強磁性層2の交換異方性磁界が劣化することがなく、固定磁性層3の磁化方向を固定したままにすることが可能になる。このことにより、固定磁性層3の磁化方向とフリー磁性層5の磁化方向とを交差する方向にすることができる。

【0099】第1の熱処理温度は、220℃～270℃の範囲とすることが好ましい。第1の熱処理温度が220℃未満であると、反強磁性層2の交換異方性磁界が200（Oe）以下となって、固定磁性層3の磁化が高くなり、固定磁性層3の磁化方向が2度目の熱処理によりフリー磁性層5の磁化方向と同一方向に磁化されてしまうので好ましくない。一方、第1の熱処理温度が270℃を越えると、各層の界面、とくに、非磁性導電層4であるCu層とフリー磁性層5またはCu層と固定磁性層3との界面での原子の熱拡散などによる磁気抵抗効果の劣化を引き起こすため好ましくない。また、第1の熱処理温度を230℃～270℃の範囲とすれば、反強磁性層2の交換異方性磁界を400 Oe（32000 A/m）以上とすることができ、固定磁性層3の磁化を大きくすることができるのでより好ましい。

【0100】第2の熱処理温度は、250℃～270℃の範囲とすることが好ましい。第2の熱処理温度が250℃未満であると、バイアス層6の交換異方性磁界を400 Oe（32000 A/m）以上にすることができなくなっており、フリー磁性層5に印加する縦バイアス磁界を大きくすることができなくなるので好ましくない。一方、第2の熱処理温度が270℃を越えても、もはやバイアス層6の交換異方性磁界は一定となって増大せず、層界面での原子熱拡散などによる磁気抵抗効果の劣化を引き起こすので好ましくない。

【0101】前記第1の磁界は、10 Oe（800 A/m）程度以上とすることが好ましい。第1の磁界が10 Oe（800 A/m）未満であると、反強磁性層2の交換異方性磁界が十分に得られないため好ましくない。また、前記第2の磁界は、1度目の熱処理で発生した反強磁性層2の交換結合磁界よりも小さい磁界とされ、10～600 Oe（800～48000 A/m）程度の範囲とすることが好ましい。より好ましくは、200 Oe（1600 A/m）程度である。第2の磁界が10 Oe（800 A/m）未満であると、バイアス層6の交換異方性磁界が十分に得られないため好ましくない。一方、第2の磁界が600 Oe（800～48000 A/m）を越えると、1度目の熱処理で発生した反強磁性層の交換結合磁界を劣化させるおそれがあるため好ましくない。

【0102】次に、熱処理温度が245℃または270

℃である場合における反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係について図22を参照して詳しく説明する。図示△印は、フリー磁性層よりも基板から離れた位置に反強磁性層を配置した(または、固定磁性層の上に反強磁性層が配置された)トップ型シングルスピンバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係を示すものであり、図示△印は270℃で熱処理したものである。図示○印及び●印は、基板とフリー磁性層の間に反強磁性層を配置した(または、固定磁性層の下に反強磁性層が配置された)ボトム型シングルスピンバルブ薄膜磁気素子の反強磁性層の組成と交換異方性磁界との関係を示すものであり、図示○印は270℃、図示●印は245℃で熱処理したものである。

【0103】具体的には、△印で示したトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図24に示すように、Si基板Kの上に $Al_2O_3$  (厚さ1000Å) からなる下地絶縁層200、Ta (厚さ50Å) からなる下地層210、NiFe合金 (厚さ70Å)、Co (厚さ10Å) からなる2層のフリー磁性層5、Cu (厚さ30Å) からなる非磁性導電層4、Co (厚さ25Å) からなる固定磁性層3、 $Pt_mMn_n$  (厚さ300Å) からなる反強磁性層2、Ta (厚さ50Å) からなる保護層220からなる構成のものである。

【0104】一方、○印及び●印で示したボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子は、図23に示すように、Si基板Kの上に $Al_2O_3$  (厚さ1000Å) からなる下地絶縁層200、Ta (厚さ30Å) からなる下地層210、 $Pt_mMn_{100-n}$  (厚さ300Å) からなる反強磁性層2、Co (厚さ25Å) からなる固定磁性層3、Cu (厚さ26Å) からなる非磁性導電層4、Co (厚さ10Å)、NiFe合金 (厚さ70Å) の2層からなるフリー磁性層5、Ta (厚さ50Å) からなる保護層220からなる構成のものである。

【0105】本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1の製造方法では、図22に示すボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子およびトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層の性質を利用している。即ち、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子である本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子1では、反強磁性層2に使用される合金の組成範囲は、図23に示すボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層と同様とすることが好ましく、前記バイアス層6に使用される合金の組成範囲は、図24に示すトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層と同様とすることが好ましい。

【0106】また、図22から明らかなように、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、ここでは前記反強磁性層2を $X_mMn_{100-n}$  (但しXは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素) からなる合金としたときは、組成比を示すmが、48原子% $\leq m \leq 60$ 原子%であることが好まし

い。mが48原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $X_mMn_{100-n}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界(交換異方性磁界)を示さなくなるので好ましくない。

【0107】また、組成比mのより好ましい範囲は、48原子% $\leq m \leq 58$ 原子%である。48原子%未満または58原子%以上を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、 $X_mMn_{100-n}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。mの更に好ましい範囲は、49.8原子% $\leq m \leq 58$ 原子%であり、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行った後に400 Oe (32000 A/m) 以上の交換異方性磁界が得られる。

【0108】また、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、即ち前記反強磁性層2を $Pt_mMn_{100-n}D_n$  (但し、Dは、Pd、Ir、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素) としたとき、組成比を示すm、nは、48原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%であることが好ましい。組成比m+nが48原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比nが0.2原子%未満であると、反強磁性層2の結晶格子の規則化の促進の効果、即ち、交換異方性磁界を大きくする効果が乏しくなるので好ましくなく、組成比nが40原子%を越えると、逆に交換異方性磁界が減少するので好ましくない。

【0109】また、組成比m+nのより好ましい範囲は、48原子% $\leq m+n \leq 58$ 原子%である。組成比m+nが48原子%未満または58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比m+nの更に好ましい範囲は、49.8原子% $\leq m+n \leq 58$ 原子%、0.2% $\leq n \leq 40$ であり、400 Oe (32000 A/m) 以上の交換異方性磁界が得られる。

【0110】また、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、即ち前記反強磁性層2を $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素) としたとき、組成比を示すq、jは、48原子% $\leq q+j \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 1$

0原子%であることが好ましい。組成比 $q+j$ が48原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $j$ が0.2原子%未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$ が10原子%を越えると、一方向性交換異方性磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0111】また、組成比を示す $q+j$ のより好ましい範囲は、48原子% $\leq q+j \leq 58$ 原子%である。組成比 $q+j$ が48原子%未満または58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比を示す $q+j$ の更に好ましい範囲は、49.8原子% $\leq q+j \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%であり、400 Oe (32000 A/m) 以上の交換異方性磁界が得られる。

【0112】図22から明らかなように、トップ型のスピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、ここでは前記バイアス層6を $X_mMn_{100-m}$  (但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素) からなる合金としたときは、組成比 $m$ が、52原子% $\leq m \leq 60$ 原子%であることが好ましい。組成比 $m$ が52原子%未満または60原子%以上を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $m$ のより好ましい範囲は、52.8原子% $\leq m \leq 59.2$ 原子%であり、200 Oe (16000 A/m) 以上の交換異方性磁界、即ち、バイアス磁界が得られる。

【0113】また、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、即ち前記バイアス層6を $Pt_mMn_{100-m-n}D_n$  (但し、Dは、Pd、Rh、Ru、Ir、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素) としたとき、組成比を示す $m, n$ は、52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%であることが好ましい。

【0114】組成比 $m+n$ が52原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $Pt_mMn_{100-m-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $n$ が0.2原子%未満であると、反強磁性層2の結晶格子の規則化の促進

の効果、即ち、交換異方性磁界を大きくする効果が乏しくなるので好ましくなく、組成比 $n$ が40原子%を越えると、逆に交換異方性磁界が減少するので好ましくない。更に、組成比 $m+n$ のより好ましい範囲は、52.8原子% $\leq m+n \leq 59.2$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%であり、200 Oe (16000 A/m) 以上の交換異方性磁界、即ち、バイアス磁界が得られる。

【0115】また、トップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、即ち前記バイアス層6を $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素) としたとき、組成比を示す $q, j$ は、52原子% $\leq q+j \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%であることが好ましい。組成比 $q+j$ が52原子%未満または60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、 $j$ が0.2原子%未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$ が10原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0116】また、組成比 $m+n$ のより好ましい範囲は、52.8原子% $\leq m+n \leq 59.2$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%であり、200 (Oe) 以上の交換異方性磁界、即ち、バイアス磁界が得られる。

【0117】また、図22から明らかなように、ボトム型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記反強磁性層2、およびトップ型スピバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記バイアス層6が $X_mMn_{100-m}$  (但し、Xは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素) からなる合金としたとき、前記反強磁性層2および前記バイアス層6の組成比を示す $m$ が、52原子% $\leq m \leq 58$ 原子%であることが好ましい。

【0118】組成比 $m$ が52原子%未満であると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $m$ が58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても前記反強磁性層2を構成する $X_mMn_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行った際、固定磁性層3の磁化方向がバイアス層6の磁化方向と同一に磁化されたり、固定磁性層3の磁化方向がバ

イアス層6の磁化方向と直交しなくなり、結果として、再生出力波形の対称性が得られなくなるので好ましくない。

【0119】また、前記反強磁性層2および前記バイアス層6が、 $X_aMn_{100-a}$ からなる合金としたとき、反強磁性層2およびバイアス層6の組成比を示す $m$ が、 $52\text{原子}\% \leq m \leq 56.3\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0120】組成比 $m$ が52原子%未満であると熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構成する $XmMn_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $m$ が56.3原子%を越えると、反強磁性層2による交換異方性磁界よりもバイアス層6による交換異方性磁界の方が大きくなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行う場合に、反強磁性層2による交換異方性磁界よりも大きな外部磁界をバイアス層6に印加することとなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理の際に、固定磁性層3がフリー磁性層5の磁化と同一の方向に磁化されたり、第2の熱処理の際にフリー磁性層5の磁化方向と固定磁性層3の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

【0121】従って、反強磁性層2およびバイアス層6の上記組成比が $52\text{原子}\% \leq m \leq 56.3\text{原子}\%$ の範囲であれば、第1の熱処理時に反強磁性層2の交換異方性磁界が発生し、第2の熱処理を行った後も反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換結合磁界よりも大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層3の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

【0122】また、反強磁性層2およびバイアス層6が $Pt_aMn_{100-a-n}D_n$  (但し、 $D$ は、 $Pd$ 、 $Ir$ 、 $Rh$ 、 $Ru$ 、 $Os$ のうちの少なくとも1種または2種以上の元素)としたとき、組成比を示す $m$ 、 $n$ は、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 58\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ であることが好ましい。

【0123】組成比 $m+n$ が52原子%未満であると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $Pt_aMn_{100-a-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、 $m+n$ が58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、前記反強磁性層2を構成する $Pt_aMn_{100-a-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行った際に、固定磁性層3の磁化方

向がバイアス層6の磁化方向と同一とされたり、固定磁性層3の磁化方向がバイアス層6の磁化方向と直交しなくなり、結果として、再生出力波形の対称性が得られなくなるので好ましくない。

【0124】また、組成比 $n$ が0.2原子%未満であると、元素 $D$ の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$ が40原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0125】また、前記反強磁性層2およびバイアス層6が、 $Pt_aMn_{100-a-n}D_n$ からなる合金としたとき、組成比を示す $m$ 、 $n$ が、 $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 56.3\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0126】組成比 $m+n$ が52原子%未満であると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $Pt_aMn_{100-a-n}D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $m+n$ が56.3原子%を越えると、反強磁性層2による交換異方性磁界よりもバイアス層6による交換異方性磁界の方が大きくなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行う場合に、反強磁性層2による交換異方性磁界よりも大きな外部磁界がバイアス層6に印加されることとなり、熱処理温度270℃の第2の熱処理の際に、固定磁性層3がフリー磁性層5の磁化と同一の方向に磁化されたり、第2の熱処理の際に、フリー磁性層5の磁化方向と固定磁性層3の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

【0127】また、組成比 $n$ が0.2原子%未満であると、元素 $D$ の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $n$ が40原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0128】従って、反強磁性層2およびバイアス層6の上記組成比が $52\text{原子}\% \leq m+n \leq 56.3\text{原子}\%$ であり、 $0.2\text{原子}\% \leq n \leq 40\text{原子}\%$ であれば、第1の熱処理時に反強磁性層2の交換異方性磁界が発生し、第2の熱処理を行った後、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換結合磁界よりも大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層3の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

【0129】また、反強磁性層2およびバイアス層6が、 $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  (但し $L$ は、 $Au$ 、 $Ag$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 、 $Ne$ 、 $Ar$ 、 $Xe$ 、 $Kr$ のうちの少なくとも1種または2種以上の元素)からなる組成の合金としたとき、組成比を示す $q$ 、 $j$ は、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 5$



8原子%、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることが好ましい。

【0130】組成比 $q+j$ が52原子%未満であると、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $q+j$ が58原子%を越えると、熱処理温度 $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行っても、前記反強磁性層2を構成する $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなり、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行った際に、固定磁性層3の磁化方向がバイアス層6の磁化方向と同一とされたり、固定磁性層3の磁化方向がバイアス層6の磁化方向と直交しなくなり、結果として、再生出力波形の対称性が得られなくなるので好ましくない。

【0131】また、組成比 $j$ が $0.2\text{原子}\%$ 未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$ が10原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0132】また、前記反強磁性層2およびバイアス層6が、 $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ からなる合金としたとき、組成比を示す $q, j$ が、 $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 56.3\text{原子}\%$ 、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であることがより好ましい。

【0133】組成比 $q+j$ が52原子%未満であると、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、前記バイアス層6を構成する $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、組成比 $q+j$ が56.3原子%を越えると、反強磁性層2による交換異方性磁界よりもバイアス層6による交換異方性磁界の方が大きくなり、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行う場合に、反強磁性層2による交換異方性磁界よりも大きな外部磁界がバイアス層6に印加されることとなり、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理の際に、固定磁性層3がフリー磁性層5の磁化と同一の方向に磁化されたり、第2の熱処理の際に、フリー磁性層5の磁化方向と固定磁性層3の磁化方向とを直交方向に揃え難くなるので好ましくない。

【0134】また、組成比 $j$ が $0.2\text{原子}\%$ 未満であると、元素Lの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$ が10原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0135】従って、反強磁性層2およびバイアス層6

の上記組成比が $52\text{原子}\% \leq q+j \leq 56.3\text{原子}\%$ であり、 $0.2\text{原子}\% \leq j \leq 10\text{原子}\%$ であれば、第1の熱処理時に反強磁性層2の交換異方性磁界が発生し、第2の熱処理を行った後、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換結合磁界よりも大きくなるので、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して、固定磁性層3の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することができるため好ましい。

【0136】また、ボトム型スピナバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層、ここでは前記反強磁性層2の組成と、トップ型スピナバルブ型薄膜磁気素子の反強磁性層ここでは前記バイアス層6の組成を異ならしめ、例えば反強磁性層2のMn濃度をバイアス層6のMn濃度よりも多くすることにより、第1の熱処理後の両者の交換結合磁界の差をより顕著にでき、第2の熱処理後にフリー磁性層5と固定磁性層3の磁化をより確実に直交状態とすることが可能となる。また、第2の熱処理後のMn濃度を異ならしめた反強磁性層2とバイアス層6の両者の交換異方性磁界の差を、更に顕著にすることができ、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層3の磁化方向は変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

【0137】即ち、バイアス層6を、 $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$  ( $\text{X}$ が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素、組成比を示す $m$ が $52\text{原子}\% \leq m \leq 60\text{原子}\%$ ) からなる合金とし、反強磁性層2を、 $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$  ( $\text{X}$ が、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種以上の元素、組成比を示す $m$ が、 $48\text{原子}\% \leq m \leq 58\text{原子}\%$ ) からなる合金とすることがより好ましい。

【0138】バイアス層6の組成を示す $m$ が、52原子%未満若しくは60原子%を越えると、図22に示すように、熱処理温度 $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構成する $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、反強磁性層2の組成を示す $m$ が、48原子%未満若しくは58原子%を越えると、熱処理温度 $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行っても反強磁性層2を構成する $\text{X}_m\text{Mn}_{100-m}$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。

【0139】よって、第1の熱処理温度 $245^\circ\text{C}$ の第1の熱処理を行った後に、反強磁性層2の交換異方性磁界が発生させ、かつ第2の熱処理温度が $270^\circ\text{C}$ の第2の熱処理時に、反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加して、第2の熱処理を行った後に、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換異方

性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層2の組成比(48原子% $\leq m \leq 58$ 原子%)とバイアス層6の組成比(52原子% $\leq m \leq 60$ 原子%)の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

【0140】このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層2とバイアス層6を同一組成で形成した場合よりも、第2の熱処理時における反強磁性層2の交換結合磁界とバイアス層6の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。また、第1の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異方性磁界を発生させ、第2の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加させることにより、反強磁性層2の交換異方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層3の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層5と固定磁性層3の磁化方向を交差させることができる。

【0141】更に、第2の熱処理後に、反強磁性層2の交換異方性磁界をバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きくすることができ、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して、固定磁性層3の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

【0142】反強磁性層2とバイアス層6の好ましい別の組み合わせは、バイアス層6を、 $Pt_m Mn_{100-m-n} D_n$  (Dが、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種または2種以上の元素、組成比を示すm、nが、52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%) からなる合金とし、反強磁性層2を、 $Pt_m Mn_{100-m-n} D_n$  (但し、Dは、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうちの少なくとも1種、または2種以上の元素、組成比を示すm、nは、48原子% $\leq m+n \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq n \leq 40$ 原子%) からなる合金とすることが好ましい。

【0143】バイアス層6の組成を示すm+nが52原子%未満若しくは60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構成する $Pt_m Mn_{100-m-n} D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、バイアス層6の組成を示すnが0.2原子%未満であると、元素Dの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、nが40原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0144】また、反強磁性層2の組成を示すm+nが48原子%未満若しくは58原子%を越えると、熱処理温度245℃の第1の熱処理を行っても、反強磁性層2を構成する $Pt_m Mn_{100-m-n} D_n$ の結晶格子がL10型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示

さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、第2反強磁性層の組成を示すnが0.2原子%未満であると、元素Dの添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、nが40原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0145】よって、第1の熱処理温度245℃の第1の熱処理を行った後に、反強磁性層2の交換異方性磁界を発生させ、かつ第2の熱処理温度が270℃の第2の熱処理時に、反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加して、第2の熱処理を行った後に、反強磁性層2の交換異方性磁界がバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層2の組成比(48原子% $\leq m+n \leq 58$ 原子%)とバイアス層6の組成比(52原子% $\leq m+n \leq 60$ 原子%)の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

【0146】このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層2とバイアス層6を同一組成で形成した場合よりも、第2の熱処理時における各々の反強磁性層2の交換結合磁界とバイアス層6の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。また、第1の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異方性磁界を発生させ、第2の熱処理の際に、反強磁性層2の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加させることにより、反強磁性層2の交換異方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層3の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層5と固定磁性層3の磁化方向を交差させることができる。

【0147】更に、第2の熱処理後に、反強磁性層2の交換異方性磁界をバイアス層6の交換異方性磁界よりも大きくでき、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対して、固定磁性層3の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層5の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

【0148】反強磁性層2とバイアス層6の好ましい別の組み合わせは、バイアス層6を $Pt_q Mn_{100-q-j} L_j$  (但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素、組成比を示すq、jが、52原子% $\leq q+j \leq 60$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%) からなる合金とし、反強磁性層2を、 $Pt_q Mn_{100-q-j} L_j$  (但し、Lは、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素、組成比を示すq、jが、48原子% $\leq q+j \leq 58$ 原子%、0.2原子% $\leq j \leq 10$ 原子%) からなる合金とすることが好ましい。

【0149】バイアス層6の組成を示すq+jが、52原子%未満若しくは60原子%を越えると、熱処理温度270℃の第2の熱処理を行っても、バイアス層6を構

成する  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  の結晶格子が L10 型の規則格子へと規則化されにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、バイアス層 6 の組成を示す  $j$  が、0.2 原子%未満であると、元素 L の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、組成比  $j$  が 10 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0150】また、反強磁性層 2 の組成を示す  $q+j$  が、48 原子%未満若しくは 58 原子%を越えると、熱処理温度 245℃ の第 1 の熱処理を行っても、反強磁性層 2 を構成する  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$  の結晶格子が L10 型の規則格子へと規則化しにくくなり、反強磁性特性を示さなくなる。即ち、一方向性交換結合磁界を示さなくなるので好ましくない。また、反強磁性層 2 の組成を示す  $j$  が、0.2 原子%未満であると、元素 L の添加による一方向性交換結合磁界の改善効果が十分に現れないので好ましくなく、 $j$  が 10 原子%を越えると、一方向性交換結合磁界が低下してしまうので好ましくない。

【0151】よって、第 1 の熱処理温度 245℃ の第 1 の熱処理を行った後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を発生させ、かつ第 2 の熱処理温度が 270℃ の第 2 の熱処理時に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加して、第 2 の熱処理を行った後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界がバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくなるように、反強磁性層 2 の組成比 ( $48 \text{ 原子}\% \leq q+j \leq 58 \text{ 原子}\%$ ) とバイアス層 6 の組成比 ( $52 \text{ 原子}\% \leq q+j \leq 60 \text{ 原子}\%$ ) の範囲の中から各々の組成比を異ならせて選択すればよい。

【0152】このような条件を満たす組成比を各々選択して組成範囲を異ならしめることにより、反強磁性層 2 とバイアス層 6 を同一組成で形成した場合よりも、第 1 の熱処理時および第 2 の熱処理時における各々の反強磁性層 2 の交換結合磁界とバイアス層 6 の交換異方性磁界の差を顕著にできる組み合わせが可能になり、設計の自由度が向上する。また、第 1 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を発生させ、第 2 の熱処理の際に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界よりも小さな外部磁界を印加させることにより、反強磁性層 2 の交換異方性磁界を劣化または磁化方向を変えることがなく、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定したまま、フリー磁性層 5 と固定磁性層 3 の磁化方向を交差させることができる。

【0153】更に、第 2 の熱処理後に、反強磁性層 2 の交換異方性磁界をバイアス層 6 の交換異方性磁界よりも大きくでき、磁気記録媒体からの信号磁界の印加に対し、固定磁性層 3 の磁化方向が変化せずに固定され、フリー磁性層 5 の磁化方向はスムーズに変化することが可能となる。

【0154】このようなスピバルブ型薄膜磁気素子 1

では、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と Mn とを含む合金からなるものであるので、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 となる。

【0155】例えば、PtMn 合金のブロッキング温度は、380℃ 程度であり、従来のスピバルブ型薄膜磁気素子においてバイアス層に用いられていた FeMn 合金の 150℃ と比較して高い。したがって、装置内の温度が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 とすることができる。

【0156】更にまた、反強磁性層 2 を上記の材料で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層 2 に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層 3 の磁化方向を強固に固定することができる。また、本発明のバイアス層 6、反強磁性層 2 の中でも PtMn 合金のブロッキング温度は 380℃ であり、IrMn 合金の 230℃ と比較しても高く、より好ましい。

【0157】このようなスピバルブ型薄膜磁気素子 1 の製造方法では、反強磁性層 2 およびバイアス層 6 に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Kr のうちの少なくとも 1 種または 2 種以上の元素と、Mn とを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1 度目の熱処理で固定磁性層 3 の磁化方向を固定し、2 度目の熱処理でフリー磁性層 5 の磁化方向を前記固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に揃えるので、固定磁性層 3 の磁化方向に悪影響を与えることなく、フリー磁性層 5 の磁化方向を固定磁性層 3 の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子 1 を得ることができる。

【0158】また、このスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、第 1 の積層体 a1 の上に軟磁性層 7、7 を形成し、前記軟磁性層 7、7 の上にバイアス層 6、6 を形成する方法であるので、軟磁性層 7、7 を形成したのち、真空を破ることなく前記バイアス層 6、6 を形成することができ、前記バイアス層 6、6 が形成される表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。また、前記バイアス層 6、6 を形成する前に前記バイアス層 6、6 が形成される面をクリーニングする必要がないため、容易に製造することができる。

【0159】一方、フリー磁性層 5 と軟磁性層 7 の界面

での強磁性結合は、反強磁性層との界面での交換結合ほどコンタミなどに敏感でない。このため、一旦大気に出してから軟磁性層7を成膜しても十分にフリー磁性層5への縦バイアス磁界を確保することができるが、軟磁性層7の成膜に先立って、イオンミリングや逆スパッタなどによるクリーニングを真空を破ることなく行ってもよい。

【0160】また、スライダ151に上記のスピバルブ型薄膜磁気素子1が備えられてなる薄膜磁気ヘッドとすることで、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる信頼性の高い薄膜磁気ヘッドとすることができる。

【0161】本発明の第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子1においては、上述したように、非磁性導電層4の厚さ方向上下に、固定磁性層3とフリー磁性層5をそれぞれ単層構造として設けたが、これらを複数構造としてもよい。

【0162】巨大磁気抵抗変化を示すメカニズムは、非磁性導電層4と固定磁性層3とフリー磁性層5との界面で生じる伝導電子のスピ依存散乱によるものである。Cuなどからなる前記非磁性導電層4に対し、スピ依存散乱が大きな組み合わせとして、Co層が例示できる。このため、固定磁性層3をCo以外の材料で形成した場合、固定磁性層3の非磁性導電層4側の部分を図1の2点鎖線で示すように薄いCo層3aで形成することが好ましい。また、フリー磁性層5をCo以外の材料で形成した場合も固定磁性層3の場合と同様に、フリー磁性層5の非磁性導電層4側の部分を図1の2点鎖線で示すように薄いCo層5aで形成することが好ましい。

【0163】[第2の実施形態] 図7は、本発明の第2の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子を模式的に示した横断面図であり、図8は、図7に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。このスピバルブ型薄膜磁気素子においても、図1に示すスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は、図示Z方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は、Y方向である。

【0164】図7および図8に示すスピバルブ型薄膜磁気素子は、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層が一層ずつ形成された、いわゆるボトム型のシングルスピバルブ型薄膜磁気素子の一種である。また、この例のスピバルブ型薄膜磁気素子も、図1に示すスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエクステンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。

【0165】図7および図8において、符号Kは基板を示している。この基板Kの上には、A12O3などの絶縁下地層200、下部シールド層163、下部ギャップ層164、反強磁性層11が形成され、更に、前記反強磁性層11の上には、第1の固定磁性層12が形成されている。そして、前記第1の固定磁性層12の上には、非磁性中間層13が形成され、前記非磁性中間層13の上には、第2の固定磁性層14が形成されている。前記第2の固定磁性層14の上には、非磁性導電層15が形成され、更に前記非磁性導電層15の上には、フリー磁性層16が形成されている。

【0166】また、前記フリー磁性層16の上には、軟磁性層19、19がトラック幅Twに相当する間隔を開けて設けられている。前記軟磁性層19、19の上には、バイアス層130、130が設けられ、前記バイアス層130、130の上には、導電層131、131が形成されている。

【0167】このスピバルブ型薄膜磁気素子においては、上述の第1の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、反強磁性層11は、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により第1の固定磁性層12、第2の固定磁性層14をそれぞれ一定の方向に磁化するものである。

【0168】前記第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14は、例えば、Co膜、NiFe合金、CoNiFe合金、CoNi合金、CoFe合金などで形成されている。また、第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14との間に介在する非磁性中間層13は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0169】ところで、図7に示す第1の固定磁性層12及び第2の固定磁性層14に示されている矢印は、それぞれの磁気モーメントの大きさ、及びその方向を表しており、前記磁気モーメントの大きさは、飽和磁化(Ms)と膜厚(t)とをかけた値で選定される。

【0170】図7および図8に示す第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14とは同じ材質で形成され、しかも、第2の固定磁性層14の膜厚 $t_{P_2}$ が、第1の固定磁性層12の膜厚 $t_{P_1}$ よりも大きく形成されているために、第2の固定磁性層14の方が第1の固定磁性層12に比べ、磁気モーメントが大きくなっている。また、第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14が異なる磁気モーメントを有することが望ましい。したがって、第1の固定磁性層12の膜厚 $t_{P_1}$ が第2の固定磁性層14の膜厚 $t_{P_2}$ より厚く形成されていてもよい。

【0171】第1の固定磁性層12は、図7および図8

に示すように、図示Y方向、即ち記録媒体から離れる方向（ハイト方向）に磁化されており、非磁性中間層13を介して対向する第2の固定磁性層14の磁化は、前記第1の固定磁性層12の磁化方向と反平行（フェリ状態）に磁化されている。

【0172】第1の固定磁性層12は、反強磁性層11に接して形成され、磁場中アニール（熱処理）を施すことにより、前記第1の固定磁性層12と反強磁性層11との界面にて交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生し、例えば、図7および図8に示すように、前記第1の固定磁性層12の磁化が、図示Y方向に固定される。前記第1の固定磁性層12の磁化が、図示Y方向に固定されると、非磁性中間層13を介して対向する第2の固定磁性層14の磁化は、第1の固定磁性層12の磁化と反平行状態（フェリ状態）で固定される。

【0173】このようなスピンバルブ型薄膜磁気素子においては、交換結合磁界が大きいほど、第1の固定磁性層12の磁化と第2の固定磁性層14の磁化を安定して反平行状態に保つことが可能である。この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層11として、プロッキング温度が高く、しかも第1の固定磁性層12との界面で大きい交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させる上記の合金を使用することで、前記第1の固定磁性層12及び第2の固定磁性層14の磁化状態を熱的にも安定して保つことができる。

【0174】以上のようにこのようなスピンバルブ型薄膜磁気素子では、第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14との膜厚比を適正な範囲内に収めることによって、交換結合磁界（Hex）を大きくでき、第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14の磁化を、熱的にも安定した反平行状態（フェリ状態）に保つことができ、しかも、良好なΔMR（抵抗変化率）を得ることが可能である。

【0175】図7および図8に示すように、第2の固定磁性層14の上には、Cuなどで形成された非磁性導電層15が形成され、更に前記非磁性導電層15の上には、フリー磁性層16が形成されている。前記フリー磁性層16は、図7および図8に示すように、2層で形成されており、前記非磁性導電層15に接する側に形成された符号17の層はCo膜で形成されている。また、もう一方の層18は、NiFe合金や、CoFe合金、あるいはCoNiFe合金などで形成されている。なお、非磁性導電層15に接する側にCo膜の層17を形成する理由は、Cuにより形成された前記非磁性導電層15との界面での金属元素等の拡散を防止でき、また、ΔMR（抵抗変化率）を大きくできるからである。前記軟磁性層19、19は、NiFe合金などで形成されることが好ましい。

【0176】また、バイアス層130、130は、前記反強磁性層11と同様に、Pt、Pd、Ir、Rh、R

u、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnを含む合金からなるものとされる。前記バイアス層130のバイアス磁界の影響を受けて、前記フリー磁性層16の磁化は、図示X1方向に磁化された状態となっている。また、導電層131、131は、Au、W、Cr、Taなどにより形成されることが好ましい。

【0177】図7および図8におけるスピンバルブ型薄膜磁気素子では、前記導電層131、131からフリー磁性層16、非磁性導電層15、及び第2の固定磁性層14にセンス電流が与えられる。記録媒体から図7および図8に示す図示Y方向に磁界が与えられると、フリー磁性層16の磁化は、図示X1方向からY方向に変動し、このときの非磁性導電層15とフリー磁性層16との界面、及び非磁性導電層15と第2の固定磁性層14との界面でスピンに依存した伝導電子の散乱が起こることにより、電気抵抗が変化し、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0178】ところで前記センス電流は、実際には、第1の固定磁性層12と非磁性中間層13の界面などにも流れる。前記第1の固定磁性層12はΔMRに直接関与せず、前記第1の固定磁性層12は、ΔMRに関与する第2の固定磁性層14を適正な方向に固定するための、いわば補助的な役割を担った層となっている。このため、センス電流が、第1の固定磁性層12及び非磁性中間層13に流れることは、シャントロス（電流ロス）になるが、このシャントロスの量は非常に少なく、第2の実施形態では、従来とほぼ同程度のΔMRを得ることが可能となっている。

【0179】この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子は、図1に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子とほぼ同様の製造方法により製造することができる。即ち、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、基板K上に、反強磁性層11、第1の固定磁性層12、非磁性中間層13、第2の固定磁性層14、非磁性導電層15、フリー磁性層16を順次積層して第1の積層体を形成したのち、前記第1の積層体にトラック幅Tw方向と直交する方向である第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層11に交換異方性磁界を発生させて、前記第1の固定磁性層12の磁化を固定する。

【0180】次に、前記第1の積層体の上に、リフトオフ用レジストを使用する方法などにより、トラック幅Twに相当する間隔を開けて軟磁性層19、19を形成し、続いて、前記軟磁性層19、19の上にバイアス層130、130を形成し、更に、前記バイアス層130、130の上に導電層131、131を形成し、図7および図8に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子と同じ形状の第2の積層体が得られる。

【0181】このようにして得られた第2の積層体に対



し、トラック幅 $T_w$ 方向に前記反強磁性層11の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記フリー磁性層16に前記第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与することによって、図7および図8に示すスピナバルブ型薄膜磁気素子が得られる。

【0182】このようなスピナバルブ型薄膜磁気素子においても、反強磁性層11およびバイアス層130が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金からなるものであるため、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピナバルブ型薄膜磁気素子となる。また、装置内の温度が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピナバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。更にまた、反強磁性層11を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層11に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14の磁化方向を強固に固定することができる。

【0183】また、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、反強磁性層11およびバイアス層130に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1度目の熱処理で第1の固定磁性層12の磁化方向を固定し、2度目の熱処理でフリー磁性層16の磁化方向を前記第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14の磁化方向と交差する方向に揃えるので、第1の固定磁性層12の磁化方向に悪影響を与えることなく、フリー磁性層16の磁化方向を第1の固定磁性層12および第2の固定磁性層14の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピナバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

【0184】また、このスピナバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、第1の積層体の上に軟磁性層19、19を形成し、前記軟磁性層19、19の上にバイアス層130、130を形成する方法であるため、軟磁性層19、19を形成したのち、真空を破ることなく前記バイアス層130、130を形成することができ、前記バイアス層130、130が形成される表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすることに起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。また、前記バイアス層130、1

30を形成する前に前記バイアス層130、130が形成される面をクリーニングする必要がないため、容易に製造することができる。

【0185】[第3の実施形態] 図9は、本発明の第3の実施形態のスピナバルブ型薄膜磁気素子を模式図的に示した横断面図であり、図10は、図9に示したスピナバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。この例のスピナバルブ型薄膜磁気素子においても、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子と同様に、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は、図示Z方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は、Y方向である。

【0186】また、この例のスピナバルブ型薄膜磁気素子も、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエキスチェンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。このスピナバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層のみならず、フリー磁性層も非磁性中間層を介して第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の2層に分断されている。

【0187】図9および図10において、符号Kは、基板を示している。この基板Kの上には、 $Al_2O_3$ などの絶縁下地層200、下部シールド層163、下部ギャップ層164、反強磁性層51が形成され、更に、前記反強磁性層51の上には、第1の固定磁性層52、非磁性中間層53、第2の固定磁性層54、非磁性導電層55、第2のフリー磁性層56、非磁性中間層59、第1のフリー磁性層60が順に積層されている。前記第1のフリー磁性層60の上には、図10に示すように、軟磁性層61、61がトラック幅 $T_w$ に相当する間隔を開けて設けられている。前記軟磁性層61、61の上には、バイアス層62、62が設けられ、前記バイアス層62、62の上には、導電層63、63が形成されている。

【0188】本発明の第3の実施形態のスピナバルブ型薄膜磁気素子においても、前記反強磁性層51は、上記のスピナバルブ型薄膜磁気素子と同様にPt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により第1の固定磁性層52、第2の固定磁性層54をそれぞれ一定の方向に磁化するものである。

【0189】第1の固定磁性層52及び第2の固定磁性層54は、Co膜、NiFe合金、CoFe合金、あるいはCoNiFe合金、CoNi合金などから形成されている。また、非磁性中間層53は、Ru、Rh、I



r、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0190】第1の固定磁性層52は、反強磁性層51に接して形成され、磁場中アニール（熱処理）を施すことにより、前記第1の固定磁性層52と反強磁性層51との界面にて交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生し、例えば、図9および図10に示すように、前記第1の固定磁性層22の磁化が、図示Y方向に固定される。前記第1の固定磁性層52の磁化が、図示Y方向に固定されると、非磁性中間層53を介して対向する第2の固定磁性層54の磁化は、第1の固定磁性層52の磁化と反平行状態（フェリ状態）で固定される。

【0191】このフェリ状態の安定性を保つためには、大きい交換結合磁界が必要である。この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層51として、ブロッキング温度が高く、しかも第1の固定磁性層52との界面で大きい交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させる上記の合金を使用することで、前記第1の固定磁性層52及び第2の固定磁性層54の磁化状態を熱的にも安定して保つことができる。また、前記非磁性導電層55は、Cuなどで形成されることが好ましい。

【0192】また、前記第1のフリー磁性層56は、図9および図10に示すように、2層から形成されており、非磁性導電層55に接する側にCo膜57が形成されている。非磁性導電層55に接する側にCo膜57を形成するのは、第1に△MRを大きくできるためであり、第2に非磁性導電層55との拡散を防止するためである。

【0193】前記Co膜57の上には、NiFe合金膜58が形成されている。更に、前記NiFe合金膜58上には、非磁性中間層59が形成されている。そして、前記非磁性中間層59の上には、第1のフリー磁性層60が形成されている。前記第1のフリー磁性層60は、Co膜、NiFe合金、CoFe合金、あるいはCoNiFe合金、CoNi合金などで形成されている。

【0194】また、第2のフリー磁性層56と第1のフリー磁性層60との間に介在する非磁性中間層59は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0195】前記第2のフリー磁性層56の磁化と第1のフリー磁性層60の磁化とは、前記第2のフリー磁性層56と第1のフリー磁性層60との間に発生する交換結合磁界（RKKY相互作用）によって、図9および図10に示すように、互いに反平行状態（フェリ状態）になっている。

【0196】図9および図10に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子では、例えば、第2のフリー磁性層56の膜厚 $t_{F_2}$ は、第1のフリー磁性層60の膜厚 $t_{F_1}$ よりも小さく形成されている。そして、前記第2のフリー磁性層56の $M_s \cdot t_{F_2}$ は、第1のフリー磁性層60のM

$s \cdot t_{F_1}$ よりも小さく設定されており、バイアス層62から図示X1方向と反対方向にバイアス磁界が与えられると、 $M_s \cdot t_{F_1}$ の大きい第1のフリー磁性層60の磁化が、前記バイアス磁界の影響を受けて、図示X1方向と反対方向に揃えられ、前記第1のフリー磁性層60との交換結合磁界（RKKY相互作用）によって、 $M_s \cdot t_{F_2}$ の小さい第2のフリー磁性層56の磁化は、図示X1方向に揃えられる。

【0197】図示Y方向から外部磁界が侵入してくると、前記第2のフリー磁性層56と第1のフリー磁性層60の磁化は、フェリ状態を保ちながら、前記外部磁界の影響を受けて回転する。そして、△MRに奇与する第2のフリー磁性層56の変動磁化と、第2の固定磁性層54の固定磁化（例えば図示Y方向と反対方向に磁化されている）との関係によって、電気抵抗が変化し、外部磁界が電気抵抗変化として検出される。

【0198】前記軟磁性層61、61は、例えば、NiFe合金などで形成されることが好ましい。また、バイアス層62、62は、前記反強磁性層51と同様に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものとされる。また、導電層62、63は、Au、W、Cr、Taなどにより形成されることが好ましい。

【0199】この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子も、図1に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子とほぼ同様の製造方法により製造することができる。即ち、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、基板K上に、反強磁性層51、第1の固定磁性層52、非磁性中間層53、第2の固定磁性層54、非磁性導電層55、第2のフリー磁性層56、非磁性中間層59、第1のフリー磁性層60を順次積層して第1の積層体を形成したのち、前記第1の積層体にトラック幅Tw方向と直交する方向である第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層51に交換異方性磁界を発生させて、前記第1の固定磁性層52の磁化を固定する。

【0200】次に、前記第1の積層体の上に、リフトオフ用レジストを使用する方法などにより、トラック幅Twに相当する間隔を開けて軟磁性層61、61を形成し、続いて、前記軟磁性層61、61の上にバイアス層62、62を形成し、更に、前記バイアス層62、62の上に導電層63、63を形成し、図9および図10に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子と同じ形状の第2の積層体が得られる。

【0201】このようにして得られた第2の積層体に対し、トラック幅Tw方向に前記反強磁性層51の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記第1のフリー磁性層60に前記第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54

の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与することによって図9および図10に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子が得られる。

【0202】このようなスピンバルブ型薄膜磁気素子においても、反強磁性層51およびバイアス層62が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金からなるものであるため、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子となる。

【0203】また、ハードディスク装置内の環境温度や素子を流れるセンス電流によるジュール熱により素子が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。更にまた、反強磁性層51を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層51に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向を強固に固定することができる。

【0204】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、反強磁性層51およびバイアス層62に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1度目の熱処理で第1の固定磁性層52の磁化方向を固定し、2度目の熱処理で第1のフリー磁性層60の磁化方向を前記第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向と交差する方向に揃えるので、第1の固定磁性層52の磁化方向に悪影響を与えることなく、第2のフリー磁性層56および第1のフリー磁性層60の磁化方向を第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

【0205】また、このスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、第1の積層体の上に軟磁性層61、61を形成し、前記軟磁性層61、61の上にバイアス層62、62を形成する方法であるため、軟磁性層61、61を形成した後、真空を破ることなく前記バイアス層62、62を形成することができ、前記バイアス層62、62が形成される表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすること起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。また、前記バイアス層62、62を形成する前に前記バイアス層62、62が形成される面をクリーニ

ングする必要がないため、容易に製造することができる特徴を有する。

【0206】[センス電流磁界の作用] 次に、図7～図10に示す第2の実施形態および第3の実施形態の構造において、センス電流磁界の作用について説明する。図7および図8に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子では、非磁性導電層15の下側に第2の固定磁性層14が形成されている。この場合にあっては、第1の固定磁性層12及び第2の固定磁性層14のうち、磁気モーメントの大きい方の固定磁性層の磁化方向に、センス電流磁界の方向を合わせる。

【0207】図7に示すように、前記第2の固定磁性層14の磁気モーメントは、第1の固定磁性層12の磁気モーメントに比べて大きく、前記第2の固定磁性層14の磁気モーメントは、図示Y方向と反対方向（図示左方向）に向いている。このため前記第1の固定磁性層12の磁気モーメントと第2の固定磁性層14の磁気モーメントとを足し合わせた合成磁気モーメントは、図示Y方向と反対方向（図示左方向）に向いている。

【0208】前述のように、非磁性導電層15は、第2の固定磁性層14及び第1の固定磁性層12の上側に形成されている。このため、主に前記非磁性導電層15を中心にして流れるセンス電流112によって形成されるセンス電流磁界は、前記非磁性導電層15よりも下側において、図示左方向に向くように、前記センス電流112の流す方向を制御すればよい。このようにすれば、第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14との合成磁気モーメントの方向と、前記センス電流磁界の方向とが一致する。

【0209】図7に示すように、前記センス電流112は、図示X1方向に流される。右ネジの法則により、センス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界は、紙面に対して右回りに形成される。従って、非磁性導電層15よりも下側の層には、図示方向（図示Y方向と反対方向）のセンス電流磁界が印加されることになり、このセンス電流によって、第1の合成磁気モーメントを補強する方向に作用し、第1の固定磁性層12と第2の固定磁性層14間に作用する交換結合磁界（RKKY相互作用）が増幅され、前記第1の固定磁性層12の磁化と第2の固定磁性層14の磁化の反平行状態をより熱的に安定させることが可能になる。

【0210】特に、センス電流を1mA流すと、約30（Oe）程度のセンス電流磁界が発生し、また素子温度が約10℃程度上昇することが判っている。更に、記録媒体の回転数は、10000rpm程度まで速くなり、この回転数の上昇により、装置内温度は、最高約100℃まで上昇する。このため、例えば、センス電流を10mA流した場合、スピンバルブ型薄膜磁気素子の素子温度は、約200℃程度まで上昇し、更にセンス電流磁界も300（Oe）と大きくなる。

【0211】このような、非常に高い環境温度下で、しかも、大きなセンス電流が流れる場合にあっては、第1の固定磁性層12の磁気モーメントと第2の固定磁性層14とを足し合わせて求めることができる合成磁気モーメントの方向と、センス電流磁界の方向とが逆向きであると、第1の固定磁性層12の磁化と第2の固定磁性層14の磁化との反平行状態が壊れ易くなる。また、高い環境温度下でも耐え得るようにするには、センス電流磁界の方向の調節の他に、高いブロッキング温度を有する反強磁性材料を反強磁性層11として使用する必要がある。そのため、本発明では、ブロッキング温度が高い上記の合金を使用している。

【0212】なお、図7に示す第1の固定磁性層12の磁気モーメントと第2の固定磁性層14の磁気モーメントとで形成される合成磁気モーメントが、図示右方向（図示Y方向）に向いている場合には、センス電流を図示X1方向と反対方向に流し、センス電流磁界が紙面に対し左回りに形成されるようにすればよい。

【0213】図9及び図10は、フリー磁性層が非磁性中間層を介して第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の2層に分断されて形成されたスピバルブ型薄膜磁気素子の実施形態であるが、図9に示すスピバルブ型薄膜磁気素子のように、非磁性導電層5より下側に第1の固定磁性層52及び第2の固定磁性層54が形成された場合にあっては、図7に示すスピバルブ型薄膜磁気素子の場合と同様のセンス電流方向の制御を行えばよい。

【0214】以上のように、上述の各実施の形態によれば、センス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界の方向と、第1の固定磁性層の磁気モーメントと第2の固定磁性層の磁気モーメントを足し合わせることで求めることができる合成磁気モーメントの方向とを一致させることにより、前記第1の固定磁性層と第2の固定磁性層間に作用する交換結合磁界（ $RKKY$ 相互作用）を増幅させ、前記第1の固定磁性層の磁化と第2の固定磁性層の磁化の反平行状態（フェリ状態）を熱的に安定した状態に保つことが可能である。

【0215】特に、本実施の形態では、より熱的安定性を向上させるために、反強磁性層にブロッキング温度の高い反強磁性材料を使用しており、これによって、環境温度が、従来に比べて大幅に上昇しても、前記第1の固定磁性層の磁化と第2の固定磁性層の磁化の反平行状態（フェリ状態）を壊れ難くすることができる。

【0216】また、高記録密度化に対応するためにセンス電流量を大きくして再生出力を大きくしようとする、それによってセンス電流磁界も大きくなるが、本発明の実施の形態では、前記センス電流磁界が、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の間に働く交換結合磁界を増幅させる作用をもたらしているため、センス電流磁界の増大により、第1の固定磁性層と第2の固定磁性層の

磁化状態は、より安定したものとなる。

【0217】なお、このセンス電流方向の制御は、反強磁性層にどのような反強磁性材料を使用した場合であっても適用でき、例えば、反強磁性層と固定磁性層（第1の固定磁性層）との界面で交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させるために、熱処理が必要であるか、あるいは必要でないかを問わない。更に、図1に示す第1の実施の形態のように、固定磁性層が単層で形成されているシングルスピンバルブ型薄膜磁気素子の場合であっても、前述したセンス電流を流すことによって形成されるセンス電流磁界の方向と、固定磁性層の磁化方向とを一致させることにより、前記固定磁性層の磁化を熱的に安定化させることが可能である。

【0218】〔第4の実施形態〕図11は、本発明の第4の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。このスピバルブ型薄膜磁気素子においても、図1に示すスピバルブ型薄膜磁気素子と同様に、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向は、図示Z方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向は、Y方向である。

【0219】また、この例のスピバルブ型薄膜磁気素子も、反強磁性材料からなるバイアス層を用いたエキスチェンジバイアス方式により、フリー磁性層の磁化方向を固定磁性層の磁化方向に対して交差する方向に揃えるものである。このスピバルブ型薄膜磁気素子は、固定磁性層のみならず、フリー磁性層も非磁性中間層を介して第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の2層に分断されている。

【0220】図11において、符号Kは、基板を示している。この基板Kの上には、先の図10に示す第3の実施形態の場合と同様に、 $Al_2O_3$ などの絶縁地下層200、下部シールド層163、下部ギャップ層164、反強磁性層51が形成され、更に、前記反強磁性層51の上には、第1の固定磁性層52、非磁性中間層53、第2の固定磁性層54、非磁性導電層55、第2のフリー磁性層56、非磁性中間層59、第1のフリー磁性層60が順に積層されている。前記第2のフリー磁性層60においてその中央部のトラック幅に相当する部分の両側に、凹部60a、60aが形成され、これらの凹部60aを埋め込むように軟磁性層61、61がトラック幅T<sub>w</sub>に相当する間隔を開けるように設けられている。更に、これらの軟磁性層61、61の上には、バイアス層62、62が設けられ、前記バイアス層62、62の上には、導電層63、63が形成されている。

【0221】本発明の第4の実施形態のスピバルブ型薄膜磁気素子においても、前記反強磁性層51は、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子と同様にPt、Pd、R

h、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnを含む合金からなるものであり、磁場中熱処理により第1の固定磁性層52、第2の固定磁性層54をそれぞれ一定の方向に磁化するものである。

【0222】第1の固定磁性層52及び第2の固定磁性層54は、Co膜、NiFe合金、CoFe合金、あるいはCoNiFe合金、CoNi合金などから形成されている。また、非磁性中間層53は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0223】第1の固定磁性層52は、反強磁性層51に接して形成され、磁場中アニール（熱処理）を施すことにより、前記第1の固定磁性層52と反強磁性層51との界面にて交換結合磁界（交換異方性磁界）が発生し、例えば、図11に示すように、前記第1の固定磁性層52の磁化が、図示Y方向に固定される。前記第1の固定磁性層52の磁化が、図示Y方向に固定されると、非磁性中間層53を介して対向する第2の固定磁性層54の磁化は、第1の固定磁性層52の磁化と反平行状態（フェリ状態）で固定される。

【0224】このフェリ状態の安定性を保つためには、大きい交換結合磁界が必要である。この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層51として、ブロッキング温度が高く、しかも第1の固定磁性層52との界面で大きい交換結合磁界（交換異方性磁界）を発生させる上記の合金を使用することで、前記第1の固定磁性層52及び第2の固定磁性層54の磁化状態を熱的にも安定して保つことができる。また、前記非磁性導電層55は、Cuなどで形成されることが好ましい。

【0225】また、前記第2のフリー磁性層56は、図11に示すように、2層から形成されており、非磁性導電層55に接する側にCo膜57が形成されている。非磁性導電層55に接する側にCo膜57を形成するのは、第1に $\Delta MR$ を大きくできるためであり、第2に非磁性導電層55との拡散を防止するためである。

【0226】前記Co膜57の上には、NiFe合金膜58が形成されている。更に、前記NiFe合金膜58上には、非磁性中間層59が形成されている。そして、前記非磁性中間層59の上には、第1のフリー磁性層60が形成されている。前記第1のフリー磁性層60は、Co膜、NiFe合金、CoFe合金、あるいはCoNiFe合金、CoNi合金などで形成されている。

【0227】また、第2のフリー磁性層56と第1のフリー磁性層60との間に介在する非磁性中間層59は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されていることが好ましい。

【0228】前記第2のフリー磁性層56の磁化と第1のフリー磁性層60の磁化とは、前記第2のフリー磁性

層56と第1のフリー磁性層60との間に発生する交換結合磁界（RKKY相互作用）によって、図11に示すように、互いに反平行状態（フェリ状態）になっている。

【0229】図11に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子では、例えば、第2のフリー磁性層56の膜厚 $tF_2$ は、第1のフリー磁性層60の膜厚 $tF_1$ よりも小さく形成されているが、この逆の関係でも差し支えない。そして、前記第2のフリー磁性層56の $M_s \cdot tF_2$ は、第1のフリー磁性層60の $M_s \cdot tF_1$ よりも小さく設定されており、バイアス層62から図示X1方向と反対方向にバイアス磁界が与えられると、 $M_s \cdot tF_1$ の大きい第1のフリー磁性層60の磁化が、前記バイアス磁界の影響を受けて、図示X1方向と反対方向に揃えられ、前記第1のフリー磁性層60との交換結合磁界（RKKY相互作用）によって、 $M_s \cdot tF_2$ の小さい第2のフリー磁性層56の磁化は、図示X1方向に揃えられる。

【0230】図示Y方向から外部磁界が侵入してくると、前記第2のフリー磁性層56と第1のフリー磁性層60の磁化は、フェリ状態を保ちながら、前記外部磁界の影響を受けて回転する。そして、 $\Delta MR$ に奇与する第2のフリー磁性層56の変動磁化と、第2の固定磁性層54の固定磁化（例えば図示Y方向と反対方向に磁化されている）との関係によって、電気抵抗が変化し、外部磁界が電気抵抗変化として検出される。

【0231】前記軟磁性層61、61は、例えば、NiFe合金などで形成されることが好ましい。また、バイアス層62、62は、前記反強磁性層51と同様に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素と、Mnとを含む合金からなるものとされる。また、導電層62、63は、Au、W、Cr、Taなどにより形成されることが好ましい。

【0232】この例のスピンバルブ型薄膜磁気素子も、図10に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子とはほぼ同様の製造方法により製造することができる。即ち、本発明のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、基板K上に、反強磁性層51、第1の固定磁性層52、非磁性中間層53、第1の固定磁性層54、非磁性導電層55、第2のフリー磁性層56、非磁性中間層59、第2のフリー磁性層60を順次積層して第1の積層体を形成したのち、前記第1の積層体にトラック幅Tw方向と直交する方向である第1の磁界を印加しつつ、第1の熱処理温度で熱処理し、前記反強磁性層51に交換異方性磁界を発生させて、前記第1の固定磁性層52の磁化を固定する。

【0233】次に、前記第1の積層体の上に、図12に示すようにトラック幅に相当する幅のリフトオフレジスト350を使用し、第1のフリー磁性層の一部をイオン

ミリング等の方法で第1のフリー磁性層の数分の一程度除去するなどにより、凹部60a、60aを形成し、次いでトラック幅Twに相当する間隔を開けて凹部60aを埋め込むように軟磁性層61、61を形成し、続いて、前記軟磁性層61、61の上にバイアス層62、62を形成し、更に、前記バイアス層62、62の上に導電層63、63を形成し、先の実施形態のスピンバルブ型薄膜磁気素子と同じ形状の積層体を得られる。

【0234】このようにして得られた積層体に対し、トラック幅Tw方向に前記反強磁性層51の交換異方性磁界よりも小さい第2の磁界を印加しつつ、第2の熱処理温度で熱処理し、前記第1のフリー磁性層60に前記第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向と交差する方向のバイアス磁界を付与することによって図11に示すスピンバルブ型薄膜磁気素子を得られる。

【0235】このようなスピンバルブ型薄膜磁気素子においても、反強磁性層51およびバイアス層62が、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金からなるものであるため、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子となる。

【0236】また、ハードディスク装置内の環境温度や素子を流れるセンス電流によるジュール熱により素子が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。更にまた、反強磁性層51を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層51に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向を強固に固定することができる。

【0237】また、上記のスピンバルブ型薄膜磁気素子の製造方法においては、反強磁性層51およびバイアス層62に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1度目の熱処理で第1の固定磁性層52の磁化方向を固定し、2度目の熱処理で第1のフリー磁性層60の磁化方向を前記第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向と交差する方向に揃えるので、第1の固定磁性層52の磁化方向に悪影響を与えることなく、第2のフリー磁性層56および第1のフリー磁性層60の磁化方向を第1の固定磁性層52および第2の固定磁性層54の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピンバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

## 【0238】

【実施例】図1と図2に示す構造を採用したスピンバルブ型の薄膜磁気素子を下部シールド層（Co-Nb-Zr系非晶質合金）と下部ギャップ層（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）とを成膜したアルチック（ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ）基板上に形成した。この基板上に $\text{Pt}_{50}\text{Mn}_{50}$ からなる厚さ150Åの反強磁性層とCoからなる厚さ15Åの第1の固定磁性層とRuからなる厚さ8Åの非磁性中間層とCoからなる厚さ25Åの第2の固定磁性層とCuからなる厚さ25Åの非磁性導電層と、を積層し、更に $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金からなる厚さ40Åの第2のフリー磁性層（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 $t = 7.16 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{nm}$ ）と、Ruからなる厚さ8Åの非磁性中間層と、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金からなる厚さ25Åの第1のフリー磁性層（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 $t = 4.52 \times 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{nm}$ ）を積層した積層体を得た。両フリー磁性層のトラック幅方向に沿う幅を0.6μm、トラック幅方向に直交する素子高さ側の幅を0.4μmとしてその両側に第1のフリー磁性層と接するように $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 合金からなる厚さ20Åの軟磁性層と、 $\text{Pt}_{54}\text{Mn}_{46}$ 合金からなる厚さ300Åの反強磁性層と、Crからなる厚さ1000Åの導電層とを積層した。ここで前述の積層構造において第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層間の反平行結合磁界は58.4kA/mであった。

【0239】次に、比較例として、反強磁性層と第1の固定磁性層と非磁性中間層と第2の固定磁性層と非磁性導電層と第2のフリー磁性層と非磁性中間層と第1のフリー磁性層からなる積層体は前記と同等の構造とし、この積層体の左右両面側に厚さ20ÅのCrの非磁性層を介して $\text{Co}_{85}\text{Pt}_{15}$ からなるハードバイアス層（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 $t = 1.88 \times 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{nm}$ ）を形成した。以上の構成において、マグネチックシュミレーションにより求めた実施例の構造における第1のフリー磁性層の磁化の方向と第2のフリー磁性層の磁化の方向を膜面に沿う方向として図25に示し、比較例構造における第1のフリー磁性層の磁化の方向と第2のフリー磁性層の磁化の方向を膜面に沿う方向として図20に示した。図25に示す矢印のように本発明の積層構造においては、縦バイアスを第1のフリー磁性層のみに印加することができ、第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の両方の周辺部分に磁化の向きが乱れた領域が生成されない。即ち本発明構造を採用することで図20に示す従来構造の場合と異なり磁氣的競合（フラストレーション）が無くなり、第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層ともに磁化分布が均一となることが明らかである。これに対して図20に示す磁化の向きを示す矢印では、第1のフリー磁性層の左右両端のハードバイアス膜からの強い逆方向磁界がかかり、第2のフリー磁性層が作用させようとする交換結合磁界と競合するために、両端側において磁化の向きが乱れていることが明らかである。これ



により第2のフリー磁性層の磁化の向きも乱れて結果的にバルクハウゼンノイズ等の問題を生じ、磁氣的安定性にかけるおそれがある。

【0240】これらの素子を備えた磁気ヘッドにおけるトラック幅方向のアシンメトリ（再生波形の非対称性）のプロファイルを、記録媒体上に記録された $0.1 \times 10^{-6} \text{m}$  ( $\mu\text{m}$ ) 幅のマイクロトラックパターン上を磁気ヘッドに走査させることにより測定した。この結果を図26（従来例の磁気ヘッドのアシンメトリ）と図27（本発明例の磁気ヘッドのアシンメトリ）に示す。従来例の測定結果を示す図26では、トラックの両端近傍でアシンメトリが異常に大きくなっているがわかり、これは、図20に示されるように第2のフリー磁性層の磁化がトラック両端近傍で乱れていて、第2の固定磁性層の磁化と直交に近い関係から大きく崩れていることに関係している。これに対して本発明例を示す図27ではこのようなトラック両端での大幅なアシンメトリの変化はなく、安定した波形が得られていることが明らかである。

#### 【0241】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子では、反強磁性層およびバイアス層が、Pt、Pd、Rh、Ru、Au、Ag、Cr、Niのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金からなるものであるため、交換異方性磁界の温度特性が良好となり、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。また、装置内の温度が高温となる薄膜磁気ヘッドなどの装置に備えられた場合の耐久性が良好で、温度変化による交換異方性磁界（交換結合磁界）の変動が少ない優れたスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。更にまた、反強磁性層を上記の合金で形成することで、ブロッキング温度が高いものとなり、反強磁性層に大きな交換異方性磁界を発生させることができるため、固定磁性層の磁化方向を強固に固定することが可能なスピバルブ型薄膜磁気素子とすることができる。

【0242】また、上記のスピバルブ型薄膜磁気素子においては、前記固定磁性層と前記フリー磁性層の少なくとも一方が、非磁性中間層を介して2つに分断され、分断された層どうして磁化の向きが180度異なるフェリ磁性状態とされたことを特徴とするものとしてもよい。少なくとも固定磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されたスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断された固定磁性層のうち一方が他方の固定磁性層を適正な方向に固定する役割を担い、固定磁性層の状態を非常に安定した状態に保つことが可能となる。一方、少なくともフリー磁性層が非磁性中間層を介して2つに分断されスピバルブ型薄膜磁気素子とした場合、2つに分断されたフリー磁性層どうしの間に交換結合磁界が発生し、フェリ磁性状態とされ、外部磁界に対して感度よく反転できるものとなる。

【0243】更に、本発明のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法では、反強磁性層およびバイアス層に、Pt、Pd、Rh、Ru、Ir、Os、Au、Ag、Cr、Ni、Ne、Ar、Xe、Krのうちの少なくとも1種または2種以上の元素とMnとを含む合金を用い、前記合金の性質を利用して、1度目の熱処理で固定磁性層の磁化方向を固定し、2度目の熱処理でフリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向に揃えるので、固定磁性層の磁化方向に悪影響を与えることなく、前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交差する方向に揃えることができ、耐熱性に優れたスピバルブ型薄膜磁気素子を得ることができる。

【0244】また、このスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法は、第1の積層体の上に軟磁性層を形成し、前記軟磁性層の上にバイアス層を形成する方法であるので、軟磁性層を形成したのち、真空を破ることなく前記バイアス層を形成することができ、前記バイアス層が形成される表面をイオンミリングや逆スパッタによりクリーニングする必要がないため、再付着物によるコンタミや、表面の結晶状態の乱れによる交換異方性磁界の発生に対する悪影響など、クリーニングすること起因する不都合が生じない優れた製造方法とすることができる。また、前記バイアス層を形成する前に前記バイアス層が形成される面をクリーニングする必要がないため、容易に製造することができる。更に、上記悪影響が残らない深さまで、フリー磁性層をイオンミリング等で掘り込んだ後、軟磁性層、バイアス層を連続成膜することによっても、より安定した縦バイアスと高い出力を得ることができる。

【0245】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、スライドに上記のスピバルブ型薄膜磁気素子が備えられてなるものであるため、耐久性および耐熱性に優れ、十分な交換異方性磁界が得られる信頼性の高い薄膜磁気ヘッドとすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図2】 図1に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、基板上に第1の積層体を形成した状態を示す断面図である。

【図3】 図1に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、リフトオフレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図4】 図1に示したスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、バイアス層と導電層を形成した状態を示す断面図である。

【図5】 本発明の第1の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドを示す斜視図で



ある。

【図6】 本発明の第1の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を備えた薄膜磁気ヘッドの要部を示す断面図である。

【図7】 本発明の第2の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を示す断面図である。

【図8】 図7に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

【図9】 本発明の第3の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を示す断面図である。

【図10】 図9に示したスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

【図11】 本発明の第4の実施形態であるスピバルブ型薄膜磁気素子を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示した断面図である。

【図12】 図11に示す構造を製造するために第1のフリー磁性層の上にリフトオフレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図13】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の一例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図14】 従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の他の例を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図15】 図14に示した従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、基板の上に第1の積層体を形成した状態を示す断面図である。

【図16】 図14に示した従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、第1の積層体上にリフトオフレジストを形成した状態を示す断面図である。

【図17】 図14に示した従来のスピバルブ型薄膜磁気素子の製造方法を説明するための図であって、バイアス層および導電層を形成した状態を示す断面図である。

【図18】 従来のスピバルブ型の薄膜磁気素子の他の例を示す断面図。

【図19】 図18に示す構造のスピバルブ型の薄膜磁気素子においてフリー磁性層を2層に分断した構造の場合、2層構造のフリー磁性層の各層の磁化の向きを外部磁界の強さに応じて示す図である。

【図20】 図18に示す構造のスピバルブ型の薄膜磁気素子において第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の磁化の向きを示す図である。

【図21】  $Pt_{55.4}Mn_{44.6}$ なる組成の合金及び  $Pt_{54.4}Mn_{45.6}$ なる組成の合金の交換異方性磁界の熱処理温度依存性を示すグラフである。

【図22】  $Pt_mMn_{100-m}$ なる組成の合金の交換異方性磁界のPt濃度(組成比m)依存性を示すグラフである。

【図23】 図21および図22に示すグラフのデータの測定に用いられたスピバルブ型薄膜磁気素子の一例の構造を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図24】 図21および図22に示すグラフのデータの測定に用いられたスピバルブ型薄膜磁気素子の他の例の構造を記録媒体との対向面側から見た場合の構造を示す断面図である。

【図25】 本発明構造を採用したスピバルブ型の薄膜磁気素子における第1のフリー磁性層と第2のフリー磁性層の磁化の向きを示す図である。

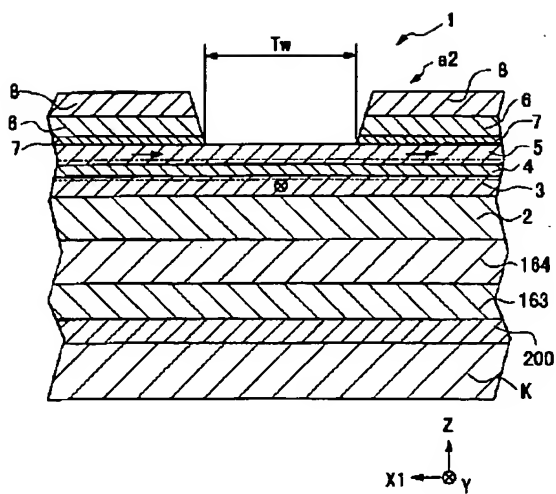
【図26】 従来の構造を採用した磁気ヘッドのアシンメトリを示す図。

【図27】 本発明構造を採用した磁気ヘッドのアシンメトリを示す図。

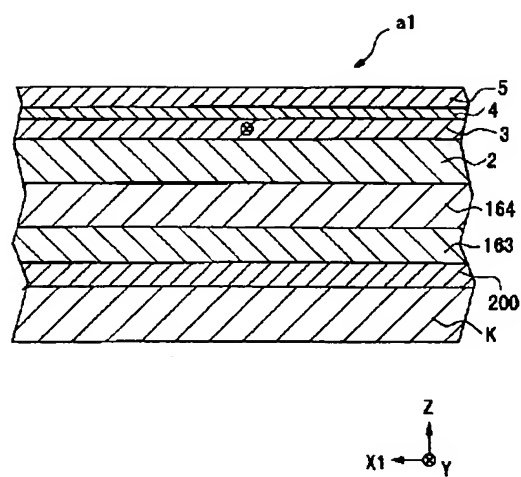
#### 【符号の説明】

- 1 スピバルブ型薄膜磁気素子
- K 基板
- 2、11、22、51 反強磁性層
- 3、23 固定磁性層
- 4、15、24、55 非磁性導電層
- 5、16、25 フリー磁性層
- 6、26、62、130 バイアス層
- 8、28、63、131 導電層
- 7、19、61 軟磁性層
- Tw トラック幅
- a1 第1の積層体
- a2 第2の積層体
- 12、52 第1の固定磁性層
- 14、54 第2の固定磁性層
- 13、53 非磁性中間層
- 56 第1のフリー磁性層
- 60 第2のフリー磁性層
- 150 薄膜磁気ヘッド

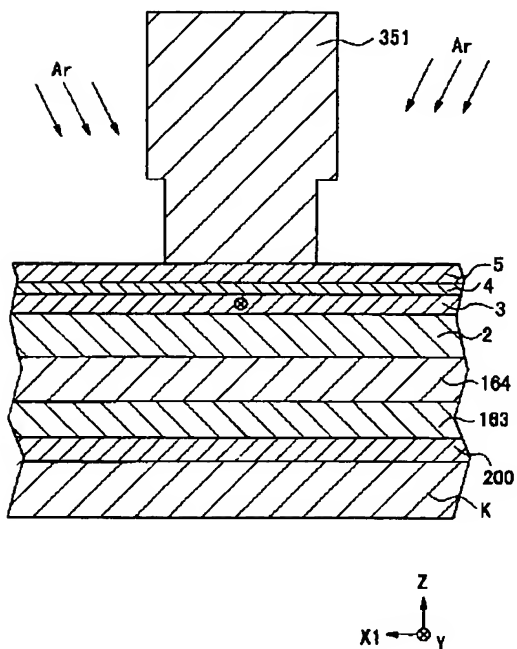
【图1】



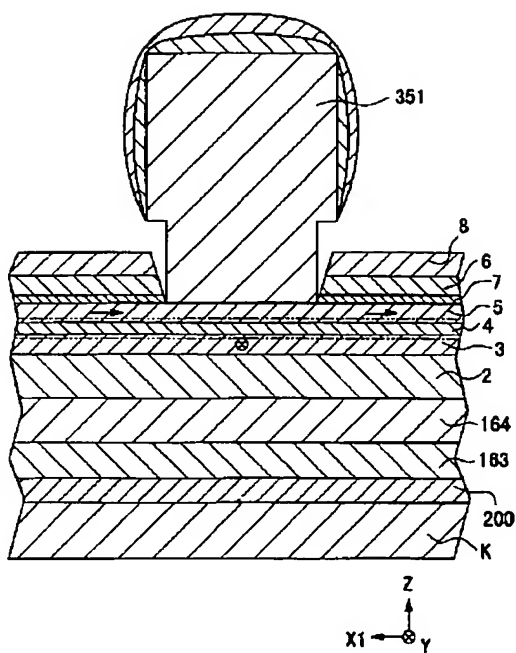
【图2】



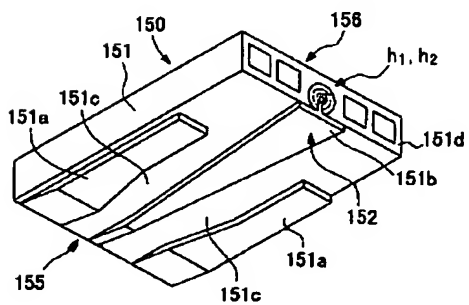
【图3】



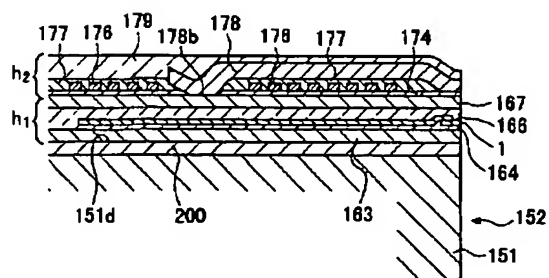
【图4】



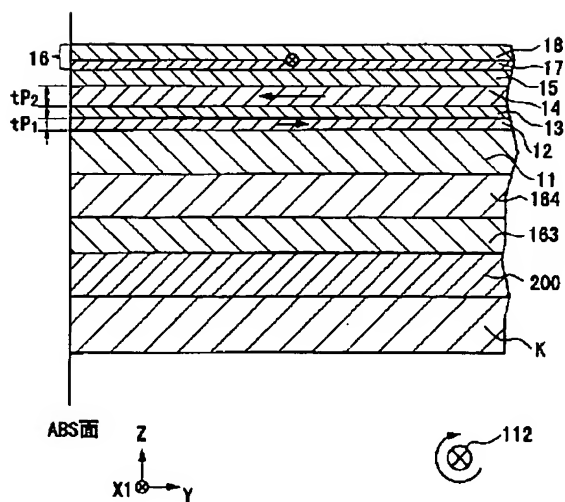
【图5】



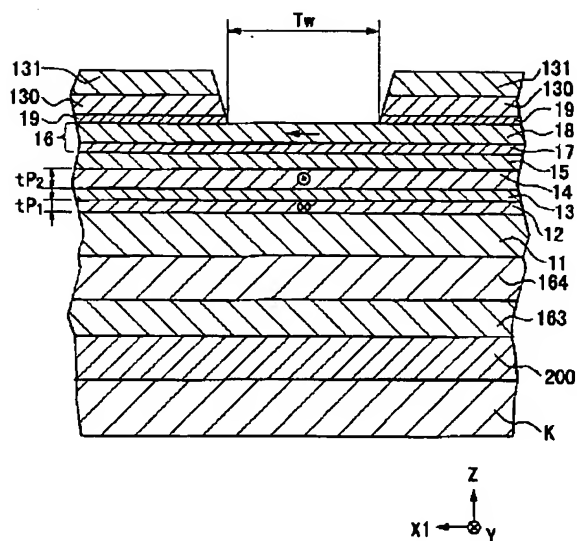
【图6】



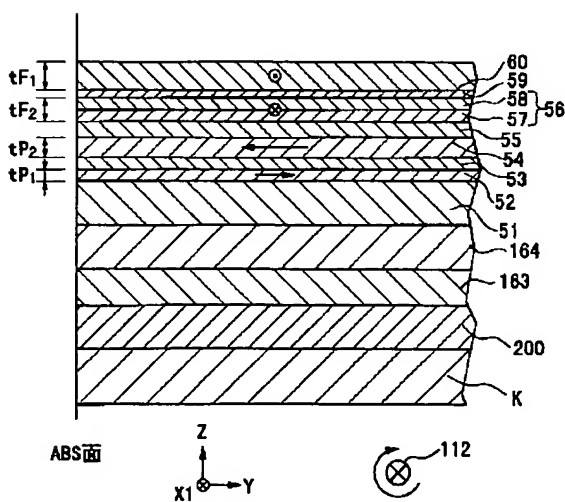
【图7】



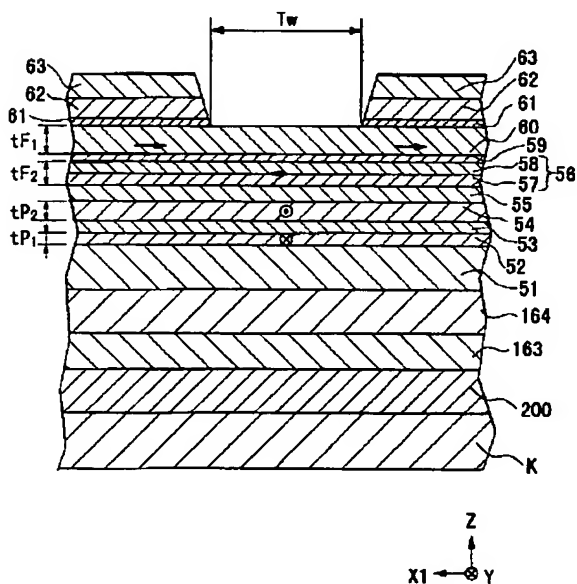
【图8】



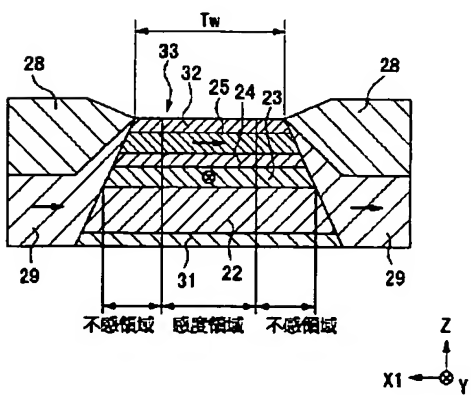
【图9】



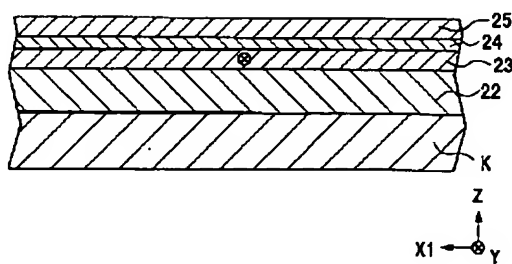
【图10】



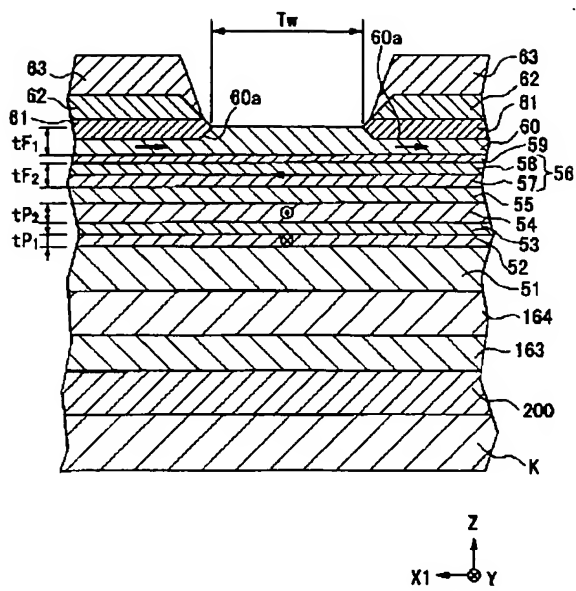
【图13】



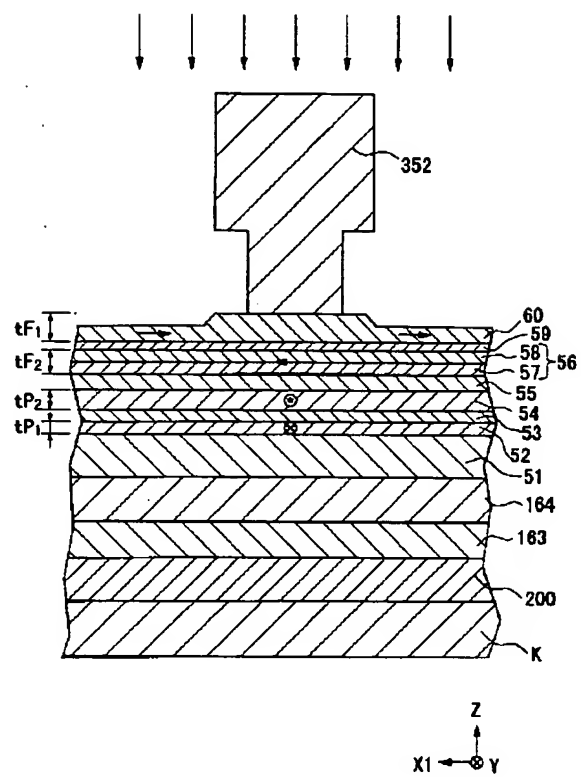
【图15】



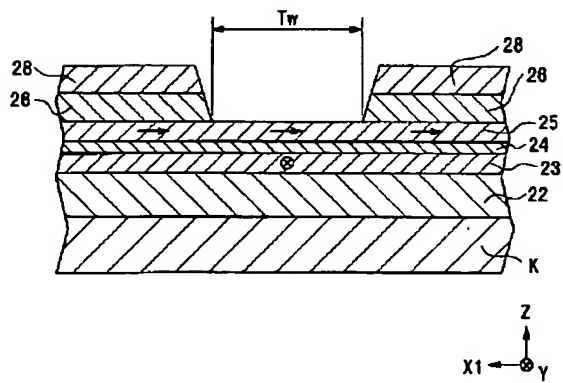
【图11】



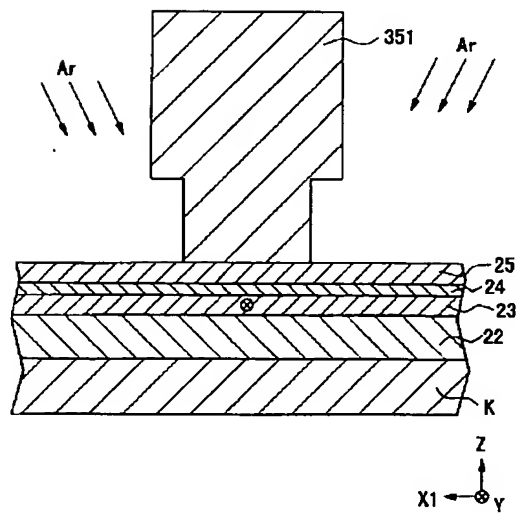
【图12】



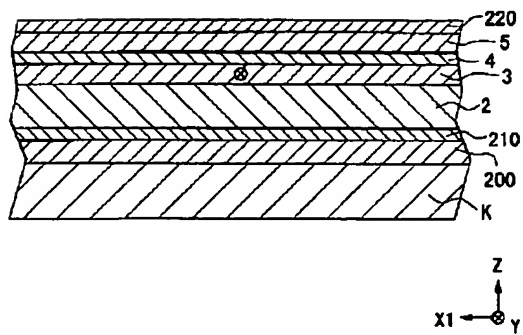
【图14】



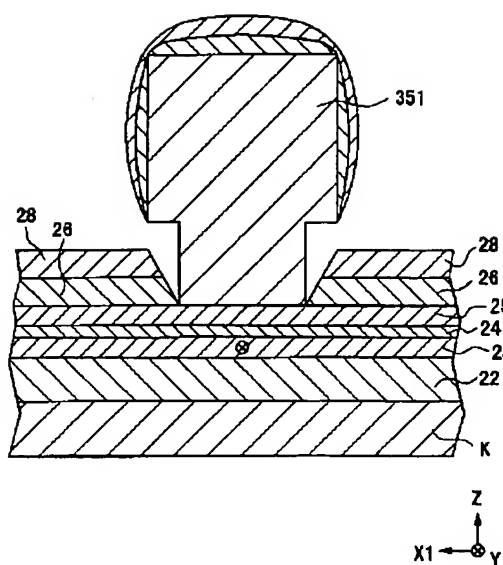
【图16】



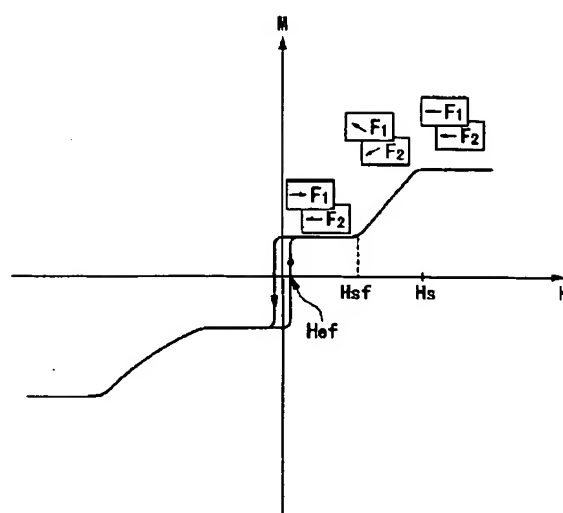
【图23】



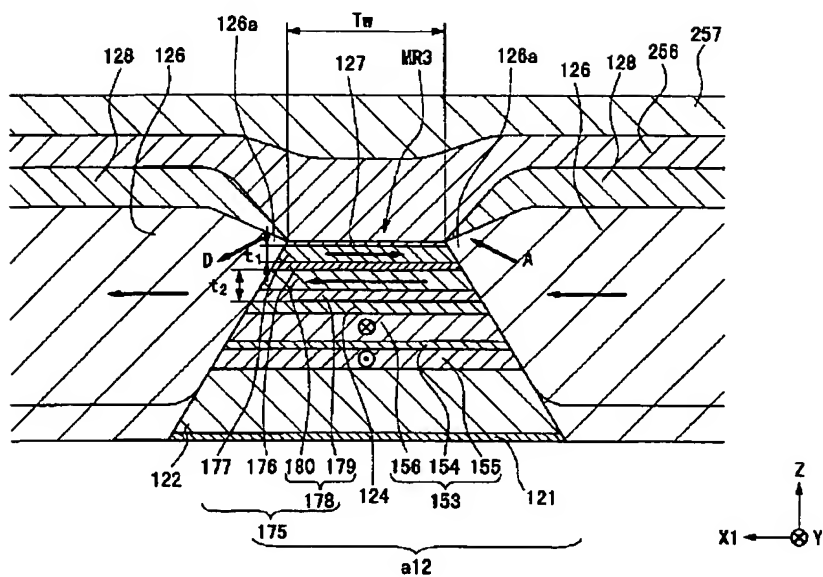
【図17】



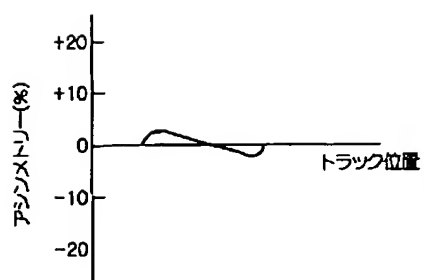
【図19】



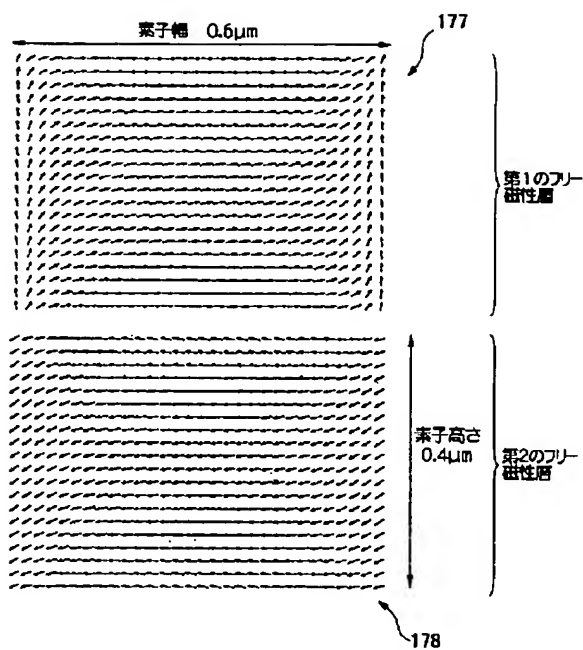
【図18】



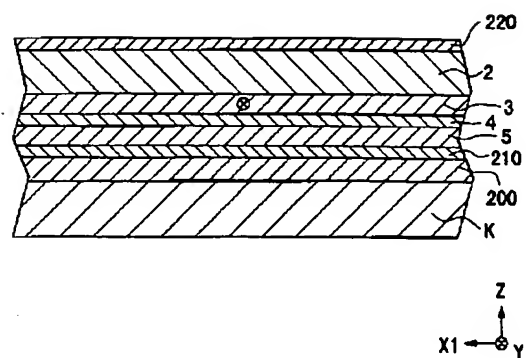
【図27】



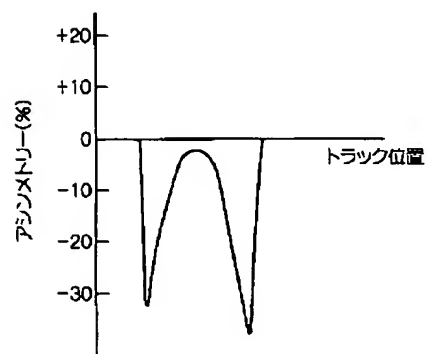
【図20】



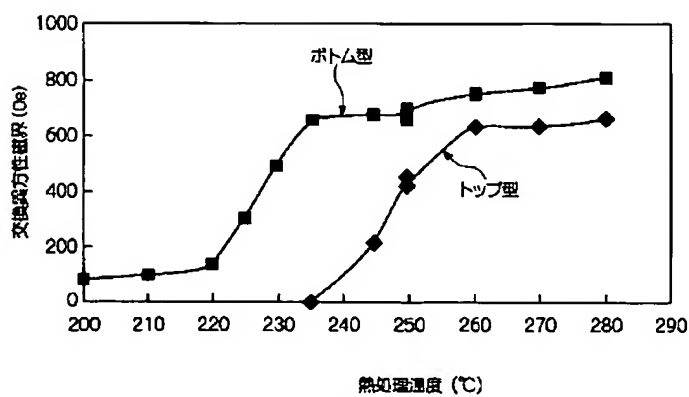
【図24】



【図26】

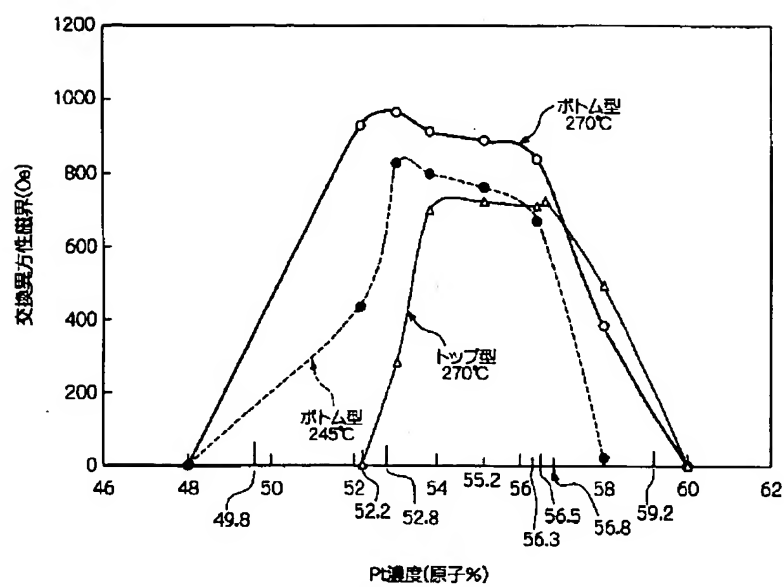


【図21】

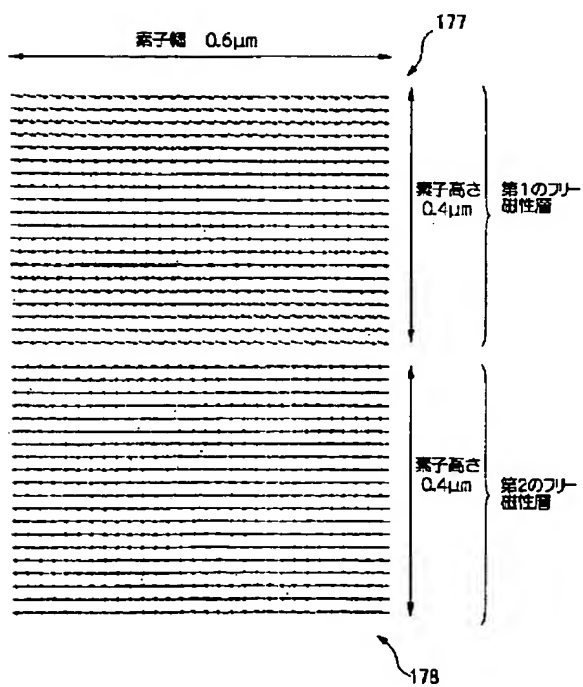




【図22】



【図25】



# *Machine Translation of JP 2001-52315*

[Detailed Description of the Invention] [0001] [The technical field to which invention belongs] This invention is the relation between the direction of fixed magnetization of a fixed magnetic layer, and the direction of the magnetization of a free magnetic layer influenced of an external magnetic field, and relates to the manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell that the magnetization direction of the thin film magnetic head and a free magnetic layer equipped with the spin bulb mold thin film magnetic cell which was excellent in thermal resistance especially, and this spin bulb mold thin film magnetic cell, and the magnetization direction of a fixed magnetic layer can make intersect perpendicularly easily, about the spin bulb mold thin film magnetic cell [0002] [Description of the Prior Art] The AMR (Anisotropic Magnetoresistive) arm head which equipped the magnetic head of a magneto-resistive effect mold with the element which shows a magneto-resistive effect, and the GMR (Giant Magnetoresistive) arm head equipped with the element which shows giant magneto-resistance are known. In the AMR arm head, it considers as the monolayer structure where the element which shows a magneto-resistive effect consists of the magnetic substance. On the other hand, let two or more materials be the multilayer-structure elements which come to carry out a laminating in the GMR head. Although there are some classes of the structures which produce giant magneto-resistance, structure is comparatively simple and the spin bulb mold thin film magnetic cell is known to the feeble external magnetic field as what has high resistance rate of change. [0003] Drawing 13 and drawing 14 are the cross sections having shown the structure at the time of seeing an example of the conventional spin bulb mold thin film magnetic cell from an opposed face side with a record medium. The shield layer is formed in the upper and lower sides of the spin bulb mold thin film magnetic cell of these examples through the gap layer, and the GMR head for playback consists of said spin bulb mold thin film magnetic cell, a gap layer, and a shield layer. In addition, the laminating of the inductive head for magnetic recording may be carried out on the GMR head for said playback. This GMR head is prepared in the trailing side edge section of a floatation type slider etc. with the inductive head for magnetic recording, constitutes the thin film magnetic head, and detects the record magnetic field of magnetic-recording data medium, such as a hard disk. In addition, in drawing 13 and drawing 14, the migration direction of magnetic-recording data medium is a graphic display Z direction, and the direction of the leakage magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y. [0004] An antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the free magnetic layer of the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 13 are the formed so-called bottom product type of single spin bulb mold thin film magnetic cells every much more sequentially from a substrate side. The spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 13 consists of hard bias layers (permanent magnet layer) 29 and 29 of the multilayer 33 which consisted of the substrate layer 31, the antiferromagnetism layer 22, the fixed magnetic layer 23, a nonmagnetic conductive layer 24, a free magnetic layer 25, and a protective layer 32 from the drawing 13 bottom, and the couple formed in the both sides of this multilayer 33, a hard bias layer 29, and electrode layers 28 and 28 of the couple formed on 29. In addition, the substrate layer 31 and the protective layer 32 are formed by Ta film etc. Moreover, the width of recording track Tw is determined with the width-of-face size of the upper surface of a multilayer

9. [0005] general -- said antiferromagnetism layer 22 -- a Fe-Mn alloy film and a nickel-Mn alloy film -- the fixed magnetic layer 23 and the free magnetic layer 25 -- a nickel-Fe alloy film -- a Co-Pt alloy film is used for the hard bias layers 29 and 29, and Cr film and W film are used for the electrode layers 28 and 28 for Cu film by the nonmagnetic conductive layer 24. [0006] As shown in drawing 13, magnetization of the fixed magnetic layer 23 is single-domain-ized by the exchange anisotropy field with the antiferromagnetism layer 22 in the direction (the direction of a leakage magnetic field from a record medium: the height direction) of Y, and magnetization of the free magnetic layer 25 is arranged with X1 direction and an opposite direction in response to the effect of the bias magnetic field from said hard bias layers 29 and 29. That is, it is set up so that magnetization of the fixed magnetic layer 23 and magnetization of the free magnetic layer 25 may intersect perpendicularly. [0007] In this spin bulb mold thin film, detection current (sense current) is given to the fixed magnetic layer 23, the nonmagnetic conductive layer 24, and the free magnetic layer 25 from the hard bias layer 29 and the electrode layers 28 and 28 formed on 29. The transit direction of magnetic-recording data medium, such as a hard disk, is a Z direction. If the direction of a leakage magnetic field from magnetic-recording data medium is given in the direction of Y, magnetization of the free magnetic layer 25 will change from X1 direction and an opposite direction towards the direction of Y. By the relation between fluctuation of the magnetization direction within this free magnetic layer 25, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 23, electric resistance can change (this is called magnetic-reluctance change), and the voltage change based on this electric resistance value change can detect the leakage magnetic field from a record medium. [0008] Moreover, an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the free magnetic layer of the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 14 are the formed so-called bottom product type of single spin bulb mold thin film magnetic cells every much more sequentially from a substrate side (under drawing 14). [0009] In drawing 14, Sign K shows the substrate. The antiferromagnetism layer 22 is formed on this substrate K. Furthermore, the fixed magnetic layer 23 is formed on said antiferromagnetism layer 22, the nonmagnetic conductive layer 24 is formed on this fixed magnetic layer 23, and the free magnetic layer 25 is further formed on said nonmagnetic conductive layer 24. Moreover, on said free magnetic layer 25, the bias layers 26 and 26 open the same gap as the width of recording track Tw, and are prepared, and conductive layers 28 and 28 are formed on said bias layers 26 and 26. [0010] Said fixed magnetic layer 23 is formed with for example, Co film, the NiFe alloy, the CoNiFe alloy, the CoFe alloy, etc. Moreover, said antiferromagnetism layer 22 is formed with the NiMn alloy. The aforementioned bias layer is formed with antiferromagnetism materials, such as a FeMn alloy of the irregular crystal structure, by the face-centered cubic which does not need heat treatment which generates an exchange anisotropy field. [0011] The fixed magnetic layer 23 shown in drawing 14 is magnetized by the one direction by the exchange anisotropy field by the switched connection generated in an interface with said antiferromagnetism layer 22. And the magnetization direction of said fixed magnetic layer 23 is being fixed in the direction of graphic display Y, i.e., the direction which separates from a record medium, (the height direction). [0012] Moreover, said free magnetic layer 25 is magnetized and single-domain-ized by the exchange anisotropy field of said bias layer 26. And the magnetization direction of said free magnetic layer 25 is arranged in graphic display X1 direction and the opposite direction, i.e., the direction which intersects the magnetization

direction and right angle of the fixed magnetic layer 23. When said free magnetic layer 25 is single-domain-ized by the exchange anisotropy field of said bias layer 26, generating of a Barkhausen noise is prevented. [0013] In the spin bulb mold thin film magnetic cell of this conventional example, if the stationary current is given to the free magnetic layer 25, the nonmagnetic conductive layer 24, and the fixed magnetic layer 23 from a conductive layer 28 and the leakage magnetic field from magnetic-recording data medium it runs to a Z direction is given along the direction of graphic display Y, the magnetization direction of the free magnetic layer 25 will be changed towards the direction of Y from graphic display X1 direction and an opposite direction. Electric resistance changes by the relation between fluctuation of the magnetization direction within this free magnetic layer 25, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 23, and the leakage magnetic field from magnetic-recording data medium is detected by the voltage change based on this resistance change. [0014] In order to manufacture a spin bulb mold thin film magnetic cell like drawing 14 By carrying out laminating formation of each class from the antiferromagnetism layer 22 to the free magnetic layer 25, and heat-treating all over a magnetic field, as shown in drawing 15 (annealing) An exchange anisotropy field is generated in the interface of the fixed magnetic layer 23 and the antiferromagnetism layer 22, and after fixing the magnetization direction of the fixed magnetic layer 23 in the direction of graphic display Y, as it is further shown in drawing 16, the lift-off resist 351 of the width of face which is mostly equivalent to the width of recording track is formed. Subsequently, as shown in drawing 17, after forming the bias layer 26 and a conductive layer 28 in the front face of the free magnetic layer 25 which is not covered with the lift-off resist 351 and removing said lift-off resist 351, the spin bulb mold thin film magnetic cell of the magnetization direction shown in drawing 14 is manufactured by arranging the magnetization direction of the free magnetic layer 25 crosswise [ truck ]. [0015] Next, drawing 18 is the cross section having shown the structure at the time of seeing an example of the important section of the thin film magnetic head equipped with the spin bulb mold thin film of other conventional examples from an opposed face side with a record medium. In drawing 18, the sign MR3 shows the spin bulb mold thin film. In drawing 18, a sign a12 is a layered product. The antiferromagnetism layer 122 is formed on the substrate layer 121, the fixed magnetic layer 153 is formed on this antiferromagnetism layer 122, the nonmagnetic conductive layer 124 is further formed on the fixed magnetic layer 153, the free magnetic layer 175 is formed on this nonmagnetic conductive layer 124, and, as for this layered product a12, it comes to form a protective layer 127 on the free magnetic layer 175 further. [0016] The free magnetic layer 175 of the spin bulb mold thin film MR3 of this example consists of a nonmagnetic interlayer 176, and the 1st free magnetic layer 177 which sandwiches this nonmagnetic interlayer 176 and the 2nd free magnetic layer 178. The 1st free magnetic layer 177 is formed in a protective layer 127 side by the nonmagnetic interlayer 176, and the 2nd free magnetic layer 178 is formed in the nonmagnetic conductive layer 124 side by the nonmagnetic interlayer 176. Moreover, the 2nd free magnetic layer 178 is formed from the diffusion prevention layer 179 and the ferromagnetic layer 180. [0017] The thickness  $t_2$  of the 2nd free magnetic layer 178 is formed more thickly than the thickness  $t_1$  of the 1st free magnetic layer 177. Moreover, when the saturation magnetization of the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 is set to  $M_1$  and  $M_2$ , respectively, the magnetic thickness of the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 is set to  $M_1$ ,  $t_1$  and  $M_2$ , and  $t_2$ , respectively. In addition, since the 2nd

free magnetic layer 178 consists of a diffusion prevention layer 179 and a ferromagnetic layer 180, the magnetic thickness  $M_2$  of the 2nd free magnetic layer 178 and  $t_2$  become the sum of the magnetic thickness of the diffusion prevention layer 179, and the magnetic thickness of the ferromagnetic layer 180. [0018] And if it is in this free magnetic layer 175, the relation of the magnetic thickness of the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 is constituted so that it may be referred to as  $M_2$  and  $t_2 > M_1$ , and  $t_1$ . Moreover, the 1st previous free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 are mutually considered as association in antiferromagnetism. That is, when the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 178 is arranged in the graphic display X1 direction by the hard bias layers 126 and 126, the magnetization direction of the 1st free magnetic layer 177 is arranged with the opposite direction of graphic display X1 direction. [0019] Moreover, since relation of the magnetic thickness of the 1st of the point and the 2nd free magnetic layer 177 and 178 is set to  $M_2$  and  $t_2 > M_1$ , and  $t_1$ , it will be in the condition that magnetization of the 2nd free magnetic layer 178 remained, and the magnetization direction of the free magnetic layer 175 whole will be arranged in the graphic display X1 direction. Effective thickness of the free magnetic layer 175 at this time is set to  $(M_2$  and  $t_2 - M_1$ , and  $t_1)$ . Thus, the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 are made into the artificial ferrimagnetism condition from being combined in antiferromagnetism so that each magnetization direction may turn into an anti-parallel direction, and relation of magnetic thickness being set to  $M_2$  and  $t_2 > M_1$ , and  $t_1$ . Moreover, this becomes the relation which the magnetization direction of the free magnetic layer 175 and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 153 intersect. [0020] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there was a possibility that a problem which is explained below might occur, in the conventional spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 13 . magnetization of the fixed magnetic layer 23 shown in drawing 13 was mentioned above -- as -- the direction of graphic display Y -- a single domain -- are-izing, and although fixed, the hard bias layers 29 and 29 magnetized by X1 direction and the opposite direction are formed in the both sides of said fixed magnetic layer 23. Therefore, especially, magnetization of the both sides of the fixed magnetic layer 23 is influenced of the bias magnetic field from said hard bias layers 29 and 29, and has become that it is hard to be fixed in the direction of graphic display Y. [0021] That is, in response to the hard bias layer 29 of said X1 direction and opposite direction, and the effect of magnetization of 29, magnetization of the free magnetic layer 25 single-domain-ized by X1 direction and the opposite direction and especially magnetization of the fixed magnetic layer 23 cannot become orthogonality relation easily near the side edge section of a multilayer 33. The reason for making magnetization of said free magnetic layer 25 and magnetization of the fixed magnetic layer 23 into orthogonality relation is because also as for a small external magnetic field magnetization of the free magnetic layer 25 can be changed easily, can change electric resistance a lot and can raise playback sensitivity. Furthermore, when orthogonality relation has said magnetization, it is because it becomes possible to acquire the output wave which has good symmetric property. [0022] And the inclination which becomes that it is easy to be fixed unnecessarily [ in order to be influenced of the strong magnetization from the hard bias layers 29 and 29 ] has the magnetization in near [ the ] the side edge section, among the free magnetic layers 25, to the external magnetic field, magnetization cannot be changed easily sensitively, it has become, and as shown in drawing 13 , the insensible field where playback sensitivity is bad is formed near the side edge section of

a multilayer 33. [0023] Among the above-mentioned multilayers 33, the field for a center section except an insensible field contributes to playback of a record magnetic field substantially, it is the sensitivity field which demonstrates a magneto-resistive effect, the width of face of this sensitivity field is short by the width-of-face size of an insensible field rather than the width of recording track  $T_w$  set up at the time of formation of a multilayer 33, and it is difficult to demarcate the width of recording track exact for dispersion in an insensible field. Therefore, there is a problem that it becomes difficult to narrow the width of recording track and to deal with high recording density-ization. [0024] Moreover, the thin film magnetic cell of the spin bulb mold shown in drawing 14 arranges the magnetization direction of a free magnetic layer in the direction which intersects 90 degrees to the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the exchange bias method using the bias layer which consists of an antiferromagnetism material. Since said exchange bias method has an insensible field, control of the effective width of recording track is a method suitable for the spin bulb mold thin film magnetic cell corresponding to the high density record with the narrow width of recording track as compared with a difficult hard bias method. [0025] However, in the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 14, since the antiferromagnetism layer 22 was formed with the nickel-Mn alloy, the problem was in corrosion resistance. Moreover, in the spin bulb mold thin film magnetic cell which used the nickel-Mn alloy or the Fe-Mn alloy for the antiferromagnetism layer 22, the weak alkaline solution and emulsifier containing the Tripoli sodium phosphate exposed by the manufacturing process of the thin film magnetic head corrode, and there is a problem of an exchange anisotropy field becoming small. [0026] Moreover, by forming the antiferromagnetism layer 22 with the nickel-Mn alloy, the antiferromagnetism material used for the bias layers 26 and 26 had constraint, consequently there was inconvenience that the thermal resistance of the bias layers 26 and 26 and corrosion resistance were bad. namely, in order to form the heat-resistant high bias layers 26 and 26 By heat-treating all over a magnetic field in the direction which intersects the interface of the antiferromagnetism layer 22 which consists of a nickel-Mn alloy, and the fixed magnetic layer 23 to the exchange anisotropy field which acts in the direction of graphic display Y Antiferromagnetism materials, such as a nickel-Mn alloy which can generate an exchange anisotropy field in X1 direction and an opposite direction, must be chosen as the interface of the bias layers 26 and 26 and the free magnetic layer 25. [0027] However, when heat-treating all over said magnetic field, the magnetization direction of an inclination and the fixed magnetic layer 23 and the magnetization direction of the free magnetic layer 25 were [ the exchange anisotropy field which acts on the interface of the antiferromagnetism layer 22 and the fixed magnetic layer 23 ] un-intersecting perpendicularly from Y in X1 direction and the opposite direction, and there was a problem from which the symmetric property of an output signal wave is no longer acquired. So, heat-treatment among a magnetic field was not needed for the bias layers 26 and 26, but the antiferromagnetism material which generates an exchange anisotropy field immediately after membrane formation all over a magnetic field needed to be chosen as them. Generally of such a reason, the bias layers 26 and 26 are formed with the FeMn alloy which has the irregular crystal structure by the face-centered cubic. [0028] However, since the temperature of the element section served as an elevated temperature exceeding 100 degrees C according to generating of the Joule's heat generated according to the temperature rise or detection current in equipment when a magnetic recording medium etc. is equipped, the exchange anisotropy field fell, it became difficult to



single-domain-ize the free magnetic layer 25, and there was a problem which generates a Barkhausen noise as a result. Moreover, a Fe-Mn alloy has the problem that corrosion resistance is bad more than a nickel-Mn alloy, and a weak alkaline solution, an emulsifier, etc. containing the Tripoli sodium phosphate exposed by the manufacturing process of the thin film magnetic head corrode, corrosion advances in a magnetic recording medium there is not only a problem of an exchange anisotropy field becoming small, but, and it is inferior to endurance. [0029] Moreover, if it is in the manufacture method of the conventional spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 15 - drawing 17, it is the process which forms the lift-off resist 351 shown in drawing 16, and after cleaning the front face where the front face of the maximum upper layer formed between said substrates and said bias layers touched atmospheric air, and touched atmospheric air by ion milling or the reverse sputter with rare gas, such as Ar, it is necessary to form the layer on it. For this reason, there is a problem on which a manufacturing process increases. Furthermore, since it is necessary to clean the front face of said maximum upper layer by ion milling or the reverse sputter, the inconvenience resulting from cleaning will produce the contamination by the reattachment object, the adverse effect to generating of the exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. [0030] Moreover, it sets to the spin bulb mold thin film MR3 shown in drawing 18. Point 126a of the hard bias layers 126 and 126 near the side upper bed of a layered product a12, Moreover, since it is the magnetic field of the direction of a magnetic field, and the reverse sense which wants for the magnetic field given to the 1st free magnetic layer 177 from 126a to be [ magnetic field ] strong, and to give this magnetic field to the 1st free magnetic layer 177 If the magnetic field of the hard bias layers 126 and 126 becomes larger than the below-mentioned spin FUOPPU magnetic field (Hsf) The magnetic field of the direction of a magnetic field to give the 1st free magnetic layer 177 originally and the reverse sense will act on the both ends (near portion of each hard bias layer 126) of the 1st free magnetic layer 177. In the center section of the 1st free magnetic layer 177, although the direction of magnetization is equal to the reverse sense (reverse sense of X1 direction) of the sense of magnetization of the 2nd free magnetic layer 178, at both ends, there is a problem on which the direction of magnetization is in disorder. [0031] Thus, if the direction of magnetization of the both ends of the 1st free magnetic layer 177 is in disorder The 2nd free magnetic layer 178 by which the sense of magnetization is arranged with the 1st direction and anti-parallel direction (X1 direction) of magnetization of the free magnetic layer 177 Although the direction of magnetization of a center section is equal to the 1st sense and reverse sense (X1 direction) of magnetization of the free magnetic layer 177 As a result of the direction of magnetization of both ends is in disorder and the direction of magnetization of the both ends of the 1st and 2nd free magnetic layer 177 and 178 stopping being equal to anti-parallel, it became the cause of the instability of a playback wave by the way of the ends of the width of recording track Tw, and had a possibility of causing problems, such as a servo error. [0032] Next, the above-mentioned spin FUOPPU magnetic field is explained using drawing 19. Drawing 19 is drawing showing the M-H curve of a free magnetic layer. Change of the magnetization M of the free magnetic layer 175 when impressing an external magnetic field H from the track cross direction to the free magnetic layer 175 of the spin bulb mold thin film MR3 of a configuration of indicating it in drawing 19 as this M-H curve is shown. In drawing 19, an external magnetic field H is equivalent to a bias magnetic field from the hard bias layers 126 and 126. [0033] Moreover, in drawing 19, the arrow head

shown by F1 expresses the magnetization direction of the 1st free magnetic layer 177, and the arrow head shown by F2 expresses the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 178. Although the condition of an arrow head F1 and an arrow head F2 which the external magnetic field H combined in [ when small / the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 ] antiferromagnetism, i.e., the direction, is anti-parallel as shown in drawing 19 When a value with the magnitude of an external magnetic field H is exceeded, the direction of an arrow head F1 and an arrow head F2 stops being equal to anti-parallel, antiferromagnetism-association of the 1st free magnetic layer 177 and the 2nd free magnetic layer 178 is destroyed, and it becomes impossible to maintain a ferrimagnetism condition. This is spin FUOPPU transition. Moreover, the magnitude of an external magnetic field when this spin FUOPPU transition occurs is a spin FUOPPU magnetic field, and Hsf shows in drawing 19 . And if the external magnetic field H is further made larger than the spin FUOPPU magnetic field Hsf, the direction of an arrow head F1 will rotate further, and the sense and a ferrimagnetism condition will collapse thoroughly the direction where 180 degrees of sense F1, i.e., an arrow head, differ the parallel direction of the direction of an arrow head F2 from the direction of origin. This is a saturation magnetic field and shows by HS in drawing 19 . [0034] Therefore, the direction of magnetization of the both ends of the 1st of drawing 19 , and the 2nd free magnetic layer 177 and 178 For example, in the both ends of the 1st free magnetic layer 177, it will be more greatly confused like the various arrow heads which exist in the field of the 1st free magnetic layer 177 shown by the arrow head F1 of drawing 20 . The magnetization which is going to be in the anti-parallel condition of a ferrimagnetism condition to the direction of magnetization of this 1st free magnetic layer 177 will become the relation which turns to a direction like the field of the 2nd free magnetic layer 178 shown in the arrow head F2 of drawing 20 . Therefore, also in the spin bulb mold thin film MR3 of the structure shown in drawing 18 , it became the cause of playback wave instability and, by the way, had a possibility of the ends of the width of recording track Tw of causing problems, such as a servo error. When the condition of magnetization shown in drawing 20 is explained further in full detail, in the right-and-left ends side of the 1st free magnetic layer 177, the strong hard flow magnetic field from a hard bias layer starts, magnetization distribution of the 2nd free magnetic layer 178 will also be confused by this, generating of a Barkhausen noise etc. can be considered, and it will have anxiety at magnetic stability. [0035] This invention makes it the technical problem to offer the spin bulb mold thin film magnetic cell equipped with the bias structure where the magnetization direction of a free magnetic layer can be arranged certainly while offering the spin bulb mold thin film magnetic cell which was excellent in thermal resistance and corrosion resistance by being made in order to solve the above-mentioned technical problem, and improving the construction material of a bias layer. Furthermore, even if the structure which divided the free magnetic layer into two-layer is used for this invention and the structure where bias is impressed to a free magnetic layer is used for it, as structure which cannot produce turbulence of the magnetization by the edge side of each free magnetic layer easily, it constitutes bias so that it can act good, it suppresses generating of a bulk HAIZEN noise, and makes it the technical problem to offer the spin bulb mold thin film magnetic cell which raised stability. [0036] Moreover, it is making into the technical problem to offer the manufacture method of said spin bulb mold thin film magnetic cell that the magnetization direction of a free magnetic layer and the magnetization direction of a fixed magnetic layer can be made to intersect

perpendicularly easily. Furthermore, it has said spin bulb mold thin film magnetic cell, excels in endurance and thermal resistance again, and is making into the technical problem to offer the thin film magnetic head with the high reliability from which sufficient exchange anisotropy field is obtained. [0037] [Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, this invention adopted the following configurations. A fixed magnetic layer to which a spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention is formed on an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, and the magnetization direction is fixed by exchange anisotropy field with said antiferromagnetism layer, A free magnetic layer formed through a nonmagnetic conductive layer on said fixed magnetic layer, A soft magnetism layer which opened a gap which is equivalent to the width of recording track in contact with said free magnetic layer, and has been arranged, A bias layer which is formed in contact with said soft magnetism layer, and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the direction which crosses to the magnetization direction of said fixed magnetic layer, It is the spin bulb mold thin film magnetic cell which has on a substrate a conductive layer which gives detection current to said free magnetic layer. Said antiferromagnetism layer and said bias layer It is characterized by consisting of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn. [0038] It becomes possible [ such a spin bulb mold thin film magnetic cell ] to offer a spin bulb mold thin film magnetic cell which became good [ the temperature characteristic of an exchange anisotropy field ], and was excellent in thermal resistance and corrosion resistance, since an antiferromagnetism layer and a bias layer consist of the above-mentioned alloy. Moreover, endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which temperature in equipment serves as an elevated temperature, is good, and fluctuation of an exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by temperature change can obtain few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells. Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and an antiferromagnetism layer can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming an antiferromagnetism layer with the above-mentioned alloy again, the magnetization direction of a fixed magnetic layer is firmly fixable. Moreover, since a soft magnetism layer is formed between a free magnetic layer and a bias layer, the magnetization direction of a free magnetic layer can be arranged certainly. [0039] Moreover, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is good also as what is characterized by considering as a ferrimagnetism condition that sense of magnetization differs 180 degrees in the layers by which at least one side of said fixed magnetic layer and said free magnetic layer was divided and divided by two through a nonmagnetic interlayer. [0040] When it considers as a spin bulb mold thin film magnetic cell by which a fixed magnetic layer was divided by two through the nonmagnetic middle class at least, among fixed magnetic layers divided by two, one side bears a role which fixes a fixed magnetic layer of another side in the proper direction, and becomes possible [ maintaining a condition of a fixed magnetic layer at the condition of having been stabilized dramatically ]. On the other hand, when a free magnetic layer is divided by two through the nonmagnetic middle class and considers as a spin bulb mold thin film magnetic cell at least, a switched connection magnetic field occurs among the free magnetic layers divided by two, and it considers as a ferrimagnetism condition, and can be reversed with sufficient sensitivity to an external magnetic field. [0041] Moreover, as for said antiferromagnetism layer, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is

desirable that it is the alloy which consists of the following empirical formula.  $XmMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . m which shows a more desirable presentation ratio is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ . [0042] Furthermore, as for said bias layer, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable that it is the alloy which consists of the following empirical formula.  $XmMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . [0043] Moreover, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, said antiferromagnetism layer may be an alloy which consists of the following empirical formula.  $PtmMn_{100-m-n}Dn$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . m and n which show a more desirable presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0044] Furthermore, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, said bias layer may be an alloy which consists of the following empirical formula again.  $PtmMn_{100-m-n}Dn$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0045] Moreover, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, said antiferromagnetism layer may be an alloy which consists of the following empirical formula.  $PtqMn_{100-q-j}Lj$ , however L are at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q and j which show a presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . q and j which show a presentation ratio more preferably are  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0046] Moreover, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, said bias layer may be an alloy which consists of the following empirical formula.  $PtqMn_{100-q-j}Lj$ , however L are at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q and j which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0047] When making the same especially a presentation of an alloy which constitutes an antiferromagnetism layer and a bias layer in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, combination of \*\* of a degree - \*\* is desirable. \*\* That is, it is desirable that it is the case where a presentation ratio of an alloy which constitutes an antiferromagnetism layer and a bias layer is the following.  $XmMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that m which shows a presentation ratio of the above-mentioned antiferromagnetism layer and a bias layer is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 56.3 \text{ atom } \%$ . [0048] \*\* It is desirable that it is the case where a presentation ratio of an alloy which constitutes an antiferromagnetism layer and a bias layer is the following again.  $PtqMn_{100-q-j}Lj$ , however L are at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q and j which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that q which shows a presentation ratio of the above-mentioned antiferromagnetism layer and a bias layer, and j are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 56.3 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0049] \*\* It is

desirable that it is the case where a presentation ratio of an alloy which constitutes an antiferromagnetism layer and a bias layer is the following again.  $\text{PtmMn100-m-nDn}$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is desirable that m which shows a presentation ratio of the above-mentioned antiferromagnetism layer and a bias layer, and n are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 56.3 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0050] Moreover, when making presentations of an alloy which constitutes an antiferromagnetism layer and a bias layer differ, combination of \*\* of a degree - \*\* is desirable. \*\* Namely, while a bias layer is expressed with empirical formula  $\text{XmMn100-m}$ , X is at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es) and m which shows a presentation ratio is the alloy of  $52 \text{ atom } \% \leq m \leq 60 \text{ atom } \%$  It is desirable that an antiferromagnetism layer is expressed with empirical formula  $\text{XmMn100-m}$ , X is at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is the alloy of  $48 \text{ atom } \% \leq m \leq 58 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that m which shows a presentation ratio of a bias layer is  $m \leq m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 54 \text{ atom } \%$  or  $56.8 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . [0051] A bias layer is expressed with empirical formula  $\text{PtqMn100-q-jLj}$ . \*\* L While it is at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s) and q and j which show a presentation ratio are the alloy of  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $0.2 \text{ atom } \% \leq j \leq 10 \text{ atom } \%$  An antiferromagnetism layer is expressed with empirical formula  $\text{PtqMn100-q-jLj}$ . L It is desirable that it is at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q which shows a presentation ratio, and j are the alloys of  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $0.2 \text{ atom } \% \leq j \leq 10 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that q which shows a presentation ratio of a bias layer, and j are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 54 \text{ atom } \%$ ,  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$  or  $56.8 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$ , and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0052] A bias layer is expressed with empirical formula  $\text{PtmMn100-m-nDn}$ . \*\* D While it is at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es) and m and n which show a presentation ratio are the alloy of  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $0.2 \text{ atom } \% \leq n \leq 40 \text{ atom } \%$  An antiferromagnetism layer is expressed with empirical formula  $\text{PtmMn100-m-nDn}$ . D It is desirable that it is at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio, and n are the alloys of  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $0.2 \text{ atom } \% \leq n \leq 40 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that m which shows a presentation ratio of a bias layer, and n are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 54 \text{ atom } \%$ ,  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$  or  $56.8 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$ , and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0053] Moreover, as for said soft magnetism layer, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, consisting of a NiFe alloy is desirable. [0054] In this invention, while a crevice is formed in both sides of a portion equivalent to the width of recording track of said free magnetic layer, the laminating of the soft magnetism layer is carried out so that these crevices may be embedded, and these soft magnetism layer is directly joined as it is also in said crevice base to said free magnetic layer, structure characterized by coming to carry out the laminating of a bias layer and the conductive layer on these soft magnetism layer may be adopted. Generally, a direction of switched connection in an interface of a ferromagnetic and the antiferromagnetic substance tends to

receive contamination by interface, and an adverse effect of turbulence of crystallinity from switched connection in an interface of a ferromagnetic and a ferromagnetic. Therefore, a soft magnetism layer and a bias layer need to form membranes continuously within the same membrane formation equipment. When a soft magnetism layer is formed without establishing a crevice in a free magnetic layer, (Ferromagnetic thickness x saturation magnetization) of the sum total of a both-sides portion of the width of recording track is a free magnetic layer (it becomes thick substantially from ferromagnetic thickness x saturation magnetization.). Since strength of vertical bias which a free magnetic layer receives is proportional to a value which broke (ferromagnetic thickness x saturation magnetization) of a truck ends portion by (ferromagnetic thickness x saturation magnetization) of a free magnetic layer When a crevice was not prepared, vertical bias became strong beyond need too much, and there was a case where a problem that produce an insensible field into a truck ends portion, or sensitivity of the whole element falls to it was produced. Moreover, since a switched connection magnetic field between a bias layer and a soft magnetism layer will become small in inverse proportion to thickness if a soft magnetism layer is thickened too much, also when producing nonconformity of a vertical bias condition changing by few disturbance magnetic fields, and being connected with the instability of a playback wave, it thinks. By making thickness of a soft magnetism layer thin as much as possible, although these are improvable, when a soft magnetism layer is made thin and it becomes impossible for a soft magnetism layer to maintain sufficient crystallinity not much, there is a problem to which a switched connection magnetic field between a soft magnetism layer and a bias layer deteriorates conversely. Since a switched connection magnetic field between soft magnetism layers cannot fall easily, either, while vertical bias cannot become strong easily beyond need, since a part of thickness of a part of a soft magnetism layer added by the depth of a crevice is offset when a crevice is prepared, it is effective in playback sensitivity, the controllability of the width of recording track, and the stability of a playback wave improving. It is effective in being able to remove a pollutant of a free magnetic layer front face effectively, strengthening more ferromagnetic switched connection between a soft magnetism layer and a free magnetic layer, and transmitting vertical bias to a free magnetic layer effectively by digging a crevice deep by ion milling etc., as the 2nd effect. Moreover, even if it is the case where the laminating of the antioxidizing layers, such as BAKKUDO layers, such as Cu, and Ta, is carried out on a free magnetic layer, a ferromagnetic front face which certainly constitutes a free magnetic layer from digging a crevice deep can be exposed. [0055] Furthermore, in this invention, two come to divide said free magnetic layer through a nonmagnetic interlayer. When a free magnetic layer of a side with a free magnetic layer of a side far from said fixed magnetic layer near the 1st free magnetic layer and said fixed magnetic layer is used as the 2nd free magnetic layer Magnetic thickness of said 1st free magnetic layer may adopt structure characterized by coming it smaller than magnetic thickness of said 2nd free magnetic layer to be carried out. [0056] On a substrate the aforementioned technical problem Furthermore, an antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, and a nonmagnetic conductive layer, To a process which carries out the laminating of the free magnetic layer one by one, and forms the 1st layered product, and said 1st layered product A process which heat-treat at the 1st heat treatment temperature, impressing the 1st magnetic field which is the direction which intersects perpendicularly with the truck cross direction, and said antiferromagnetism layer is made to generate an exchange anisotropy field, and fixes magnetization of said fixed magnetic



layer, On said 1st layered product, open a gap equivalent to the width of recording track, and a soft magnetism layer is formed. A process which forms a bias layer on said soft magnetism layer, forms a conductive layer which gives detection current to said free magnetic layer on said bias layer, and is made into the 2nd layered product, Impressing the 2nd magnetic field smaller than an exchange anisotropy field of said antiferromagnetism layer crosswise [ truck ] It heat-treats at the 2nd heat treatment temperature, and can solve by the manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell characterized by having the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and a process which gives a bias magnetic field of a crossing direction in said free magnetic layer. [0057] In a manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable to use an alloy which contains at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s) and Mn in said antiferromagnetism layer and said bias layer. Moreover, as for said 1st heat treatment temperature, in a manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable that it is the range of 220 degrees C - 270 degrees C. furthermore, a manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell again -- setting -- said 2nd heat treatment -- as for temperature, it is desirable that it is the range of 250 degrees C - 270 degrees C. [0058] Moreover, as for said 2nd magnetic field, in a manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable that it is the range of 10 - 600 Oe (800 - 48000 A/m). [0059] Drawing 21 is the graph which showed relation of a heat treatment temperature of an antiferromagnetism layer and an exchange anisotropy field in a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell and a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell. It was already discovered at 200 degrees C, and an exchange anisotropy field of an antiferromagnetism layer (\*\* mark) of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell with a near (or an antiferromagnetism layer has been arranged under a fixed magnetic layer) distance of an antiferromagnetism layer and a substrate is over 600 (Oe) near 240 degree C so that clearly from drawing 21 . On the other hand, it was discovered near 240 degree C, and an exchange anisotropy field of an antiferromagnetism layer (< > mark) of a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell with a distance of an antiferromagnetism layer and a substrate further (or an antiferromagnetism layer has been arranged on a fixed magnetic layer) than a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell is over 600 Oe (48000 A/m) in near about 260 degree C. [0060] Thus, distance of an antiferromagnetism layer and a substrate is near (). Or an antiferromagnetism layer of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell by which an antiferromagnetism layer has been arranged under a fixed magnetic layer As compared with a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell with a distance of an antiferromagnetism layer and a substrate further (or an antiferromagnetism layer has been arranged on a fixed magnetic layer) than a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell, it turns out that a high exchange anisotropy field is obtained at a comparatively low heat treatment temperature. [0061] A spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention is a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell with a near distance of an antiferromagnetism layer and a substrate, and a bias layer formed of construction material used for said antiferromagnetism layer and same construction material is arranged in a location more distant than an antiferromagnetism layer from a substrate. Moreover, as for a spin bulb mold thin film magnetic cell of a bottom product mold with a near distance of a fixed magnetic layer and a substrate, an antiferromagnetism layer

is arranged under a fixed magnetic layer, and, as for a spin bulb mold thin film magnetic cell of a top mold with a distance of an antiferromagnetism layer and a substrate further than a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell, an antiferromagnetism layer is arranged on a fixed magnetic layer. [0062] Therefore, in a manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention, when said 1st layered product is heat-treated at the 1st heat treatment temperature (220-270 degrees C), impressing the 1st magnetic field, an exchange anisotropy field arises in an antiferromagnetism layer, and the magnetization direction of a fixed magnetic layer is fixed in the same direction. Moreover, more than 600 (Oe) is the exchange anisotropy field of an antiferromagnetism layer. Next, impressing the 2nd magnetic field 10 of a direction which intersects perpendicularly with the 1st magnetic field - 600 Oe (800 - 48000 A/m), at the 2nd heat treatment temperature (250-270 degrees C), if said 2nd layered product is heat-treated, an exchange anisotropy field of a bias layer will arise and it will consider as a direction where the magnetization direction of a free magnetic layer crosses to the 1st magnetic field. Moreover, an exchange anisotropy field of a bias layer becomes more than 600 Oe (48000 A/m). [0063] If it is made smaller than an exchange anisotropy field of an antiferromagnetism layer which generated the 2nd magnetic field in previous heat treatment of the 1st at this time, even if the 2nd magnetic field is impressed to an antiferromagnetism layer, it will become possible for an exchange anisotropy field of an antiferromagnetism layer not to deteriorate and to keep the magnetization direction of a fixed magnetic layer fixed. By this, the magnetization direction of a fixed magnetic layer and the magnetization direction of a free magnetic layer can be carried out in the crossing direction. [0064] therefore, by manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell Alloys, such as a PtMn alloy excellent in thermal resistance, are used not only for an antiferromagnetism layer but for a bias layer. An exchange anisotropy field which arranges the magnetization direction of a free magnetic layer with a bias layer in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer can be generated without having an adverse effect in the magnetization direction of a fixed magnetic layer. Since the magnetization direction of a free magnetic layer can be arranged in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer, it becomes possible to offer a spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance. [0065] Moreover, a manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell Since it is the method of forming a soft magnetism layer on the 1st layered product, and forming a bias layer on said soft magnetism layer Since it is necessary to clean a front face in which said bias layer can be formed in and said bias layer is formed neither by ion milling nor reverse sputter, without breaking a vacuum after forming a soft magnetism layer, Contamination by reattachment object, an adverse effect to generating of an exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. can be made into an outstanding manufacture method which inconvenience resulting from cleaning does not produce. Moreover, since it is not necessary to clean a field in which said bias layer is formed before forming said bias layer, it can manufacture easily. [0066] Moreover, the thin film magnetic head of this invention is characterized by coming to prepare the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell for a slider. By considering as such the thin film magnetic head, it excels in endurance and thermal resistance, and corrosion resistance, and can consider as the thin film magnetic head with high reliability from which sufficient exchange anisotropy field is obtained. [0067] [Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of the spin bulb mold thin

film magnetic cell of this invention is explained in detail with reference to a drawing. The cross section, drawing 5, and drawing 6 which showed structure when [operation gestalt of \*\* 1st] drawing 1 looks at the spin bulb mold thin film magnetic cell which is the 1st operation gestalt of this invention from an opposed face side with a record medium are drawing having shown the thin film magnetic head equipped with the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention. [0068] A shield layer is formed in the upper and lower sides of the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention through a gap layer, and GMR head h1 for playback is constituted from a spin bulb mold thin film magnetic cell, a gap layer, and a shield layer. In addition, the laminating of the inductive head h2 for record may be carried out to GMR head h1 for said playback. [0069] It is possible to be prepared in 151d of trailing side edge sections of a slider 151 with an inductive head h2, to constitute the thin film magnetic head 150, and to detect the record magnetic field of magnetic-recording data medium, such as a hard disk, as GMR head h1 which comes to provide this spin bulb mold thin film magnetic cell is shown in drawing 5. In addition, in drawing 1, the migration direction of magnetic-recording data medium is a graphic display Z direction, and the direction of the leak magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y. [0070] The thin film magnetic head 150 shown in drawing 5 is constituted considering GMR head h1 and inductive head h2 with which 151d of end faces of a slider 151 and a slider 151 was equipped as a subject. A sign 155 shows the leading side which is the upstream of the migration direction of magnetic-recording data medium of a slider 151, and the sign 156 shows the trailing side. Rails 151a, 151a, and 151b are formed in the data-medium opposed face 152 of this slider 151, and it is made into the Ayr grooves 151c and 151c between each rails at it. [0071] The substrate layer 200 of the nonmagnetic insulating material which consists of aluminum 2O3 by which GMR head h1 was formed on 151d of end faces of a slider 151 as shown in drawing 6, The lower shield layer 163 which consists of a magnetic alloy formed on the substrate layer 200, The lower gap layer 164 by which the laminating was carried out to the lower shield layer 163, and the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 exposed from the data-medium opposed face 152, The wrap up gap layer 166 and the up gap layer 166 consist of wrap up shield layers 167 in the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 and the lower gap layer 164. The up shield layer 167 is considered as combination with the lower core layer of an inductive head h2. [0072] The inductive head h2 consists of up core layers 178 which are joined to the wrap up insulating layer 177 and the gap layer 174 in the lower core layer (up shield layer) 167, the gap layer 174 by which the laminating was carried out to the lower core layer 167, a coil 176, and a coil 176, and are joined to the lower core layer 167 in a coil 176 side. The coil 176 is patternized so that it may become spiral superficially. moreover, the coil 176 -- end face section 178b of the up core layer 178 is mostly connected to the lower core layer 167 magnetically in a part for a center section. Moreover, the laminating of the protective layer 179 which consists of an alumina etc. is carried out to the up core layer 178. [0073] An antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the free magnetic layer of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 shown in drawing 1 are the formed so-called bottom product type of single spin bulb mold thin film magnetic cells every much more. Moreover, the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this example arranges the magnetization direction of a free magnetic layer in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the exchange bias method which uses an antiferromagnetism material as a bias layer. Since said

exchange bias method has an insensible field, control of the effective width of recording track is a method suitable for a spin bulb mold thin film magnetic cell with the narrow width of recording track corresponding to high density record as compared with a difficult hard bias method. [0074] In drawing 1, Sign K shows the substrate. The antiferromagnetism layer 2 is formed on this substrate K. Furthermore, the fixed magnetic layer 3 is formed on said antiferromagnetism layer 2, the nonmagnetic conductive layer 4 is formed on this fixed magnetic layer 3, and the free magnetic layer 5 is further formed on said nonmagnetic conductive layer 4. Moreover, on said free magnetic layer 5, the soft magnetism layers 7 and 7 open the gap equivalent to the width of recording track  $T_w$ , and are prepared. The bias layers 6 and 6 are formed on said soft magnetism layers 7 and 7, and conductive layers 8 and 8 are formed on said bias layers 6 and 6. [0075] The substrate layer 200 to which said substrate K becomes front faces, such as the aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC system ceramics 151, from aluminum 2O<sub>3</sub> (alumina) of a nonmagnetic insulating material is formed, and sequential formation of the lower shield layer 163 and the lower gap layer 164 is carried out on the substrate layer 200. [0076] Said antiferromagnetism layer 2 consists of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn. The antiferromagnetism layer 2 which consists of these alloys has the feature of excelling in thermal resistance and corrosion resistance. As for said especially antiferromagnetism layer 2, it is desirable that it is the alloy which consists of the following empirical formula.  $XmMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . [0077] Furthermore, said antiferromagnetism layer 2 may be an alloy which consists of the following empirical formula.  $PtmMn_{100-m-n}Dn$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0078] Moreover, as for said antiferromagnetism layer, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable that it is the alloy which consists of the following empirical formula.  $PtqMn_{100-q-j}Lj$ , however L are at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q and j which show a presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . Moreover, it is more desirable that q which shows a presentation ratio, and j are  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0079] Said fixed magnetic layer 3 is formed with for example, Co film, the NiFe alloy, the CoNiFe alloy, the CoFe alloy, the CoNi alloy, etc. The fixed magnetic layer 3 shown in drawing 1 is formed in contact with the antiferromagnetism layer 2, and is magnetized by performing heat treatment among a magnetic field by the exchange anisotropy field by the switched connection generated in the interface of said fixed magnetic layer 3 and said antiferromagnetism layer 2. The magnetization direction of said fixed magnetic layer 3 is being fixed in the direction of graphic display Y, i.e., the direction which separates from a record medium, (the height direction). [0080] Moreover, as for said nonmagnetic conductive layer 4, it is desirable to be formed with nonmagnetic electric conduction films, such as Cu, Au, and Ag. [0081] Moreover, as for said free magnetic layer 5, it is desirable to be formed with the same construction material as said fixed magnetic layer 3 etc. Said free magnetic layer 5 is magnetized by the bias magnetic field from the bias layer 6, and the magnetization direction is arranged in graphic display X1 direction, the opposite direction, i.e.,

the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3, and the crossing direction. When said free magnetic layer 5 is single-domain-ized by said bias layer 6, generating of a Barkhausen noise is prevented. [0082] As for said soft magnetism layer 7, it is desirable for it to be formed with Co, nickel, Fe, a Co-Fe alloy, a Co-nickel-Fe alloy, a CoNi alloy, a NiFe alloy, etc., and to be formed with the same alloy as the material which constitutes the free magnetic layer 5 especially, and when the front face of the free magnetic layer 5 is formed with the NiFe alloy, it is desirable to form the soft magnetism layer 7 with a NiFe alloy. This becomes that it is [ ferromagnetic association by the interface of the soft magnetism layer 7 and the free magnetic layer 5 ] trustworthy to make the soft magnetism layer 7 the same as that of the material which constitutes the free magnetic layer 5, and it becomes possible to make the switched connection magnetic field of the one direction anisotropy which the interface of the bias layer 6 and the soft magnetism layer 7 was made to generate spread to the free magnetic layer 5 through the soft magnetism layer 7 of it. [0083] Said bias layer 6 like said antiferromagnetism layer 2 At least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), Consist of an alloy containing Mn and an exchange anisotropy field is discovered by heat treatment among a magnetic field in an interface with the soft magnetism layer 7. An exchange anisotropy field spreads to the soft magnetism layer 7, and magnetizes the free magnetic layer 5 in the fixed direction by ferromagnetic association generated in the interface of the soft magnetism layer 7 and the free magnetic layer 5. And the bias layer 6 which consists of these alloys has the feature of excelling in thermal resistance and corrosion resistance. [0084] As for said especially bias layer 6, it is desirable that it is the alloy which consists of the following empirical formula.  $X_mMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ . Furthermore, the bias layer 6 may be an alloy which consists of the following empirical formula.  $Pt_mMn_{100-m-n}D_n$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0085] Furthermore, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, said bias layer may be an alloy which consists of the following empirical formula again.  $Pt_qMn_{100-q-j}L_j$ , however L are at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and q and j which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . Moreover, as for said conductive layers 8 and 8, being formed by Au, W, Cr, Ta, etc. is desirable. [0086] In this spin bulb mold thin film magnetic cell 1, if the stationary current is given to the free magnetic layer 5, the nonmagnetic conductive layer 4, and the fixed magnetic layer 3 from conductive layers 8 and 8 and the leakage magnetic field from magnetic-recording data medium it runs to a graphic display Z direction is given in the direction of graphic display Y, the magnetization direction of said free magnetic layer 5 will be changed towards the direction of graphic display Y from the direction of graphic display X, and an opposite direction. Electric resistance changes by the relation between fluctuation of the magnetization direction within this free magnetic layer 5, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3, and the leakage magnetic field from magnetic-recording data medium is detected by the voltage change based on this resistance change. [0087] Next, the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention is explained. This manufacture method with the location of the

antiferromagnetism layer 2 in the spin bulb mold thin film magnetic cell 1, and the bias layers 6 and 6. It is made using the property in which the magnitude of the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 generated by heat treatment and the bias layers 6 and 6 is different. The magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is fixed by heat treatment of the 1st time, and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 is arranged in the magnetization direction of said fixed magnetic layer 3, and the crossing direction by the 2nd heat treatment. [0088] namely, by the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention On Substrate K, the antiferromagnetism layer 2, the fixed magnetic layer 3, and the nonmagnetic conductive layer 4, Impressing the 1st magnetic field which is the width-of-recording-track  $T_w$  direction and the direction (space perpendicular direction of drawing 2) which intersects perpendicularly to said 1st layered product a1, after forming the 1st layered product a1 which carries out the laminating of the free magnetic layer 5 one by one, and is shown in drawing 2 Heat-treat at the 1st heat treatment temperature, said antiferromagnetism layer 2 is made to generate an exchange anisotropy field, and magnetization of said fixed magnetic layer 3 is fixed. [0089] Next, as shown in drawing 3, the resist 351 for lift offs which has the end face section of the width of face equivalent to the width of recording track  $T_w$  is formed on said 1st layered product a1, and rare gas, such as Ar, performs the front face of the free magnetic layer 5 which is not covered by the resist 351 for lift offs used as a mask, and it cleans by the ion milling method or the reverse sputter. As shown in drawing 4, subsequently, on the front face of the free magnetic layer 5 which opened the gap equivalent to the width of recording track  $T_w$ , and was exposed, and the lift-off resist 351 If etching removes the lift-off resist 351 after forming the soft magnetism layers 7 and 7, then forming the bias layers 6 and 6 on said soft magnetism layers 7 and 7 and forming conductive layers 8 and 8 on said bias layers 6 and 6 further The 2nd layered product a2 of the same configuration as the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 shown in drawing 1 is obtained. [0090] Thus, the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 is obtained by heat-treating at the 2nd heat treatment temperature, and giving the bias magnetic field of the magnetization direction of said fixed magnetic layer 3, and the crossing direction to said free magnetic layer 5, impressing the 2nd magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of said antiferromagnetism layer 2 in the width-of-recording-track  $T_w$  direction to the 2nd obtained layered product a2. [0091] Next, the relation between the heat treatment temperature of an antiferromagnetism layer and an exchange anisotropy field is explained in detail with reference to drawing 21, drawing 22, and drawing 23. < > mark which \*\* mark shown in drawing 21 showed the heat treatment temperature dependence of the exchange anisotropy field of the bottom product mold single spin bulb thin film magnetic cell which has arranged the antiferromagnetism layer between a substrate and a free magnetic layer, and was shown in drawing 21 shows the heat treatment temperature dependence of the exchange anisotropy field of the top mold single spin bulb thin film magnetic cell which has arranged the antiferromagnetism layer in the location which is distant from a substrate from a free magnetic layer. Therefore, the antiferromagnetism layer of the top mold single spin bulb thin film magnetic cell of < > mark will be prepared in the location distant from the substrate rather than the antiferromagnetism layer of the bottom product mold single spin bulb thin film magnetic cell of \*\* mark. [0092] The top mold spin bulb mold thin film magnetic cell specifically shown by < > mark shown in drawing 21 The substrate insulating layer 200 which consists of aluminum  $2O_3$  (1000Å in thickness) on the substrate K of Si as



shown in drawing 24 , the substrate layer 210 which consists of Ta (50A in thickness), a NiFe alloy (70A in thickness), Co layer The free magnetic layer 5 which consists of two-layer [ with a (thickness of 10A) ], Cu It is the thing of a configuration of having been formed in order of the nonmagnetic conductive layer 4 which consists of (30A in thickness), the fixed magnetic layer 3 which consists of Co (25A in thickness), the antiferromagnetism layer 2 which consists of Pt55.4Mn44.6 (300A in thickness), and the protective layer 220 which consists of Ta (50A in thickness). [0093] Moreover, the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown by \*\* mark shown in drawing 21 As shown in drawing 23 On the Si substrate K, aluminum 2O3 The substrate insulating layer 200, Ta which consist of (1000A in thickness) The substrate layer 210 which consists of (30A in thickness), the antiferromagnetism layer 2 which consists of Pt54.4Mn45.6 (300A in thickness), the fixed magnetic layer 3 which consists of Co (25A in thickness), the nonmagnetic conductive layer 4 which consists of Cu (26A in thickness), Co layer (10A in thickness), It is the thing of a configuration of having been formed in order of the free magnetic layer 5 which consists of two-layer [ of a NiFe alloy (70A in thickness) ], and the protective layer 220 which consists of Ta (50A in thickness). [0094] That is, the antiferromagnetism layer 2 is arranged at the fixed magnetic layer 3 upside, between the Si substrate K and the antiferromagnetism layer 2, the free magnetic layer 5, the nonmagnetic conductive layer 4, and the fixed magnetic layer 3 are pinched, and the top mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown by < > mark is formed in it. That is, the antiferromagnetism layer 2 is arranged at the fixed magnetic layer 3 bottom, and the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown by \*\* mark is made into the structure where the fixed magnetic layer 3, the nonmagnetic conductive layer 4, and the free magnetic layer 5 are not formed, between the Si substrate K and the antiferromagnetism layer 2. [0095] As shown in drawing 21 , if the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer (Pt55.4Mn44.6) shown by \*\* mark passes over 220 degrees C, and begins to go up and 240 degrees C is exceeded, it will become 700 (Oe) degrees and will become fixed. Moreover, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer (Pt54.4Mn45.6) shown by < > mark passes over 240 degrees C, goes up, and if it exceeds 260 degrees C, it will become fixed exceeding 600 (Oe). Thus, as compared with the antiferromagnetism layer (< > mark) arranged in the location which separated the antiferromagnetism layer (\*\* mark) arranged in the location near a substrate from the substrate, it turns out that a high exchange anisotropy field is obtained at a comparatively low heat treatment temperature. [0096] The manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention uses the property of the antiferromagnetism layer mentioned above. That is, the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention is the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell 1 with a near (or the antiferromagnetism layer 2 has been arranged under the fixed magnetic layer 3) distance of the antiferromagnetism layer 2 and Substrate K, and the bias layer 6 formed with the same material as the alloy used for said antiferromagnetism layer 2 is arranged in the location more distant than the antiferromagnetism layer 2 from Substrate K. [0097] When said 1st layered product a1 is heat-treated at the 1st heat treatment temperature (220-270 degrees C), following, for example, impressing the 1st magnetic field, an exchange anisotropy field arises in the antiferromagnetism layer 2, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is fixed. Moreover, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 becomes more than 600 Oe (48000 A/m). Next, if said 2nd layered product a2 is heat-treated at the 2nd heat treatment temperature

(250-270 degrees C), impressing the 2nd magnetic field of the direction which intersects perpendicularly with the 1st magnetic field, it will consider as the direction where the magnetization direction of the free magnetic layer 5 crosses to the 1st magnetic field. Moreover, the exchange anisotropy field of the bias layer 6 becomes more than 600 Oe (48000 A/m). [0098] If it is made smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 which generated the 2nd magnetic field in previous heat treatment at this time, even if the 2nd magnetic field is impressed to the antiferromagnetism layer 2, it will become possible for the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 not to deteriorate, and to keep the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 fixed. By this, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 can be carried out in the crossing direction. [0099] As for the 1st heat treatment temperature, it is desirable to consider as the range of 220 degrees C - 270 degrees C. Since the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 will become that the 1st heat treatment temperature is less than 220 degrees C below 200 (Oe), and magnetization of the fixed magnetic layer 3 will not become high but the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 will be magnetized in the same direction as the magnetization direction of the free magnetic layer 5 by 2nd heat treatment, it is not desirable. On the other hand, if the 1st heat treatment temperature exceeds 270 degrees C, it is not desirable in order to cause deterioration of the magneto-resistive effect by the thermal diffusion of the atom in the interface of the interface of each class, Cu layer which is the nonmagnetic conductive layer 4 especially and the free magnetic layer 5, or the Cu layer and the fixed magnetic layer 3 etc. Moreover, since the range of 230 degrees C - 270 degrees C, then the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 can be carried out for the 1st heat treatment temperature to more than 400 Oe (32000 A/m) and magnetization of the fixed magnetic layer 3 can be enlarged, it is more desirable. [0100] As for the 2nd heat treatment temperature, it is desirable to consider as the range of 250 degrees C - 270 degrees C. Since it becomes impossible to enlarge the vertical bias magnetic field which it becomes impossible to carry out the exchange anisotropy field of the bias layer 6 to the 2nd heat treatment temperature being less than 250 degrees C more than 400Oe(s) (32000 A/m), and is impressed to the free magnetic layer 5, it is not desirable. On the other hand, even if the 2nd heat treatment temperature exceeds 270 degrees C, since the exchange anisotropy field of the bias layer 6 becomes fixed, and does not increase but causes deterioration of the magneto-resistive effect by the atomic-heat diffusion by the layer interface etc., it is not desirable any longer. [0101] As for said 1st magnetic field, it is desirable to carry out to more than 10 Oe (800 A/m) degree. Since the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is not fully obtained as the 1st magnetic field is under 10 Oe (800 A/m), it is not desirable. Moreover, as for said 2nd magnetic field, it is desirable to consider as a magnetic field smaller than the switched connection magnetic field of the antiferromagnetism layer 2 generated in heat treatment of the 1st time, and to consider as the range of a 10 - 600 Oe (800 - 48000 A/m) degree. It is a 200 Oe (1600 A/m) degree more preferably. Since the exchange anisotropy field of the bias layer 6 is not fully obtained as the 2nd magnetic field is under 10 Oe (800 A/m), it is not desirable. On the other hand, since there is a possibility of degrading the switched connection magnetic field of the antiferromagnetism layer generated in heat treatment of the 1st time if the 2nd magnetic field exceeds 600 Oe (800 - 48000 A/m), it is not desirable. [0102] Next, the relation of the presentation and exchange anisotropy field of an

antiferromagnetism layer in case heat treatment temperature is 245 degrees C or 270 degrees C is explained in detail with reference to drawing 22 . The graphic display \*\* mark shows the relation of the presentation and exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer of a top (or antiferromagnetism layer has been arranged on fixed magnetic layer) mold single spin bulb thin film magnetic cell which have arranged the antiferromagnetism layer in the location which is distant from a substrate from a free magnetic layer, and the graphic display \*\* mark is heat-treated at 270 degrees C. The graphic display O mark and - mark show the relation of the presentation and exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer of a bottom product (or antiferromagnetism layer has been arranged under fixed magnetic layer) mold single spin bulb thin film magnetic cell which have arranged the antiferromagnetism layer between a substrate and a free magnetic layer, and the graphic display O mark heat-treats 270 degrees C and the graphic display - mark at 245 degrees C. [0103] The top mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown by \*\* mark specifically The substrate insulating layer 200 which consists of aluminum 2O3 (1000A in thickness) on the Si substrate K as shown in drawing 24 , the substrate layer 210 which consists of Ta (50A in thickness), a NiFe alloy (70A in thickness), It is the thing of a configuration of consisting of the two-layer free magnetic layer 5 which consists of Co (10A in thickness), the nonmagnetic conductive layer 4 which consists of Cu (30A in thickness), the fixed magnetic layer 3 which consists of Co (25A in thickness), an antiferromagnetism layer 2 which consists of PtMn (300A in thickness), and a protective layer 220 which consists of Ta (50A in thickness). It is. [0104] On the other hand, the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown by O mark and - mark As shown in drawing 23 On the Si substrate K, aluminum 2O3 The substrate insulating layer 200, Ta which consist of (1000A in thickness) The substrate layer 210 which consists of (30A in thickness), the antiferromagnetism layer 2 which consists of PtMn100-m (300A in thickness), the fixed magnetic layer 3 which consists of Co (25A in thickness), the nonmagnetic conductive layer 4 which consists of Cu (26A in thickness), Co (10A in thickness), It is the thing of a configuration of consisting of a free magnetic layer 5 which consists of two-layer [ of a NiFe alloy (70A in thickness) ], and a protective layer 220 which consists of Ta (50A in thickness). [0105] By the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention, the property of the antiferromagnetism layer of the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 22 and a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell is used. That is, as for the presentation range of the alloy used for the antiferromagnetism layer 2 in the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of this invention which is a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell, it is desirable to suppose that it is the same as that of the antiferromagnetism layer of the bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 23 , and, as for the presentation range of the alloy used for said bias layer 6, it is desirable to suppose that it is the same as that of the antiferromagnetism layer of the top [0106] moreover, when said antiferromagnetism layer 2 is used as the alloy which consists of XmMn100-m (however, X -- at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es)), it is desirable the antiferromagnetism layer of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell, and here that m which shows a presentation ratio is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ , so that clearly from drawing 22 . When m exceeds under 48 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of XmMn100-m / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism

property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) on the other hand, it is not desirable. [0107] Moreover, the more desirable range of the presentation ratio  $m$  is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ . When under 48 atom % or more than 58 atom % is exceeded, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. The still more desirable range of  $m$  is  $m \leq 49.8 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ , and after performing 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C, the exchange anisotropy field more than 400 Oe (32000 A/m) is obtained. [0108] Moreover, it is  $\text{PtmMn}_{100-m-n}\text{Dn}$  (however, D), the antiferromagnetism layer 2, i.e., said antiferromagnetism layer, of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell. When it considers as at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), as for  $m$  which shows a presentation ratio, and  $n$ , it is desirable that they are  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . When presentation ratio  $m+n$  exceeds under 48 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn}_{100-m-n}\text{Dn}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the effect of the acceleration of regulation-izing of the crystal lattice of the antiferromagnetism layer 2 by the presentation ratio  $n$  being under 0.2 atom %, i.e., the effect which enlarges an exchange anisotropy field, becomes scarce, if the presentation ratio  $n$  exceeds 40 atom % preferably, since an exchange anisotropy field will decrease conversely, it is not desirable. [0109] Moreover, the more desirable range of presentation ratio  $m+n$  is  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 58 \text{ atom } \%$ . When presentation ratio  $m+n$  exceeds under 48 atom % or 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn}_{100-m-n}\text{Dn}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, the still more desirable ranges of presentation ratio  $m+n$  are  $49.8 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $0.2\% \leq n \leq 40$ , and the exchange anisotropy field more than 400 Oe (32000 A/m) is obtained. [0110] Moreover, it is  $\text{PtqMn}_{100-q-j}\text{Lj}$  (however, L), the antiferromagnetism layer 2, i.e., said antiferromagnetism layer, of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell. When it considers as at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), as for  $q$  which shows a presentation ratio, and  $j$ , it is desirable that they are  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . When presentation ratio  $q+j$  exceeds under 48 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn}_{100-q-j}\text{Lj}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element L that the presentation ratio  $j$  is under

0.2 atom %, if j exceeds 10 atom % preferably, since a tropism exchange anisotropy field will fall on the other hand, it is not desirable. [0111] Moreover, the more desirable range of q+j which shows a presentation ratio is  $48 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$ . When presentation ratio q+j exceeds under 48 atom % or 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, the still more desirable ranges of q+j which shows a presentation ratio are  $49.8 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ , and the exchange anisotropy field more than 400 Oe (32000 A/m) is obtained. [0112] when said bias layer 6 is used as the alloy which consists of  $\text{XmMn100-m}$  (however, X -- at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es)), it is desirable that the presentation ratio m is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$  the antiferromagnetism layer of the spin bulb mold thin film magnetic cell of a top mold, and here, so that clearly from drawing 22 . When the presentation ratio m exceeds under 52 atom % or more than 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn100-m}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, the more desirable range of the presentation ratio m is  $m \leq 52.8 \text{ atom } \% \leq 59.2 \text{ atom } \%$ , and it is acquired, the exchange anisotropy field, i.e., the bias magnetic field, more than 200 Oe (16000 A/m). [0113] moreover, when it is made into  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  (however, D -- at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es)), the antiferromagnetism layer 6, i.e., said bias layer, of a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell, as for m which shows a presentation ratio, and n, it is desirable that they are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0114] When presentation ratio m+n exceeds under 52 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the effect of the acceleration of regulation-izing of the crystal lattice of the antiferromagnetism layer 2 by the presentation ratio n being under 0.2 atom %, i.e., the effect which enlarges an exchange anisotropy field, becomes scarce, if the presentation ratio n exceeds 40 atom % preferably, since an exchange anisotropy field will decrease conversely, it is not desirable. Furthermore, the more desirable ranges of presentation ratio m+n are  $52.8 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 59.2 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ , and it is acquired, the exchange anisotropy field, i.e., the bias magnetic field, more than 200 Oe (16000 A/m). [0115] Moreover, it is  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  (however, L), the antiferromagnetism layer 6, i.e., said bias layer, of a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell. When it considers as at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), as for q which shows a presentation ratio, and j, it is desirable that they are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . When presentation ratio q+j exceeds under 52 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it

performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element L that j is under 0.2 atom %, if j exceeds 10 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0116] Moreover, the more desirable ranges of presentation ratio  $m+n$  are  $52.8 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 59.2 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ , and it is acquired, the exchange anisotropy field, i.e., the bias magnetic field, more than 200 (Oe). [0117] moreover, clear from drawing 22 -- as -- the antiferromagnetism layer of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell -- here -- said antiferromagnetism layer 2 and the antiferromagnetism layer of a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell -- here -- said bias layer 6 --  $\text{XmMn}_{100-m}$  (it Ir(s) and Rh(s) however, X -- Pt and Pd --) When it considers as the alloy which consists of at least one or more sorts of elements of Ru and the Os(es), it is desirable that m which shows the presentation ratio of said antiferromagnetism layer 2 and said bias layer 6 is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ . [0118] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as the presentation ratio m is under 52 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  which constitutes said bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. When the presentation ratio m exceeds 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  which constitutes said antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, when it stops having, shown the tropism switched connection magnetic field on the other hand and 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C is performed, since the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is not magnetized identically to the magnetization direction of the bias layer 6, or the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 stops intersecting perpendicularly with the magnetization direction of the bias layer 6 and the symmetric property of a playback output wave is no longer acquired as a result, it is not desirable. [0119] Moreover, when said antiferromagnetism layer 2 and said bias layer 6 consider as the alloy which consists of  $\text{XmMn}_{100-m}$ , it is more desirable that m which shows the presentation ratio of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 is  $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 56.3 \text{ atom } \%$ . [0120] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as the presentation ratio m is under 52 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  which constitutes the bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, if the presentation ratio m exceeds 56.3 atom %, the exchange anisotropy field by the bias layer 6 will become large rather than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2. When performing 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C, a bigger external magnetic field than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2 will be impressed to the bias layer 6. Since the fixed magnetic layer 3 is magnetized in the same direction as magnetization of the free magnetic layer 5 in the case of the 2nd heat treatment with



a heat treatment temperature of 270 degrees C or it is hard coming to arrange the magnetization direction of the free magnetic layer 5, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 in the rectangular direction in the case of the 2nd heat treatment, it is not desirable. [0121] Therefore, if the above-mentioned presentation ratio of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 is the range of  $52 \text{ atom } \% \leq m \leq 56.3 \text{ atom } \%$  Since the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 becomes larger than the switched connection magnetic field of the bias layer 6 even after the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 occurring at the time of the 1st heat treatment and performing 2nd heat treatment It is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, and since the magnetization direction of the free magnetic layer 5 can change smoothly, it is desirable. [0122] moreover, when the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 consider as  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  (however, D -- at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es)), as for m which shows a presentation ratio, and n, it is desirable that they are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0123] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as presentation ratio  $m+n$  is under  $52 \text{ atom } \%$ , it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  which constitutes said bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. When  $m+n$  exceeds  $58 \text{ atom } \%$ , it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  which constitutes said antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, when it stops having, shown the tropism switched connection magnetic field on the other hand and 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C is performed, since the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is not made the same as that of the magnetization direction of the bias layer 6, or the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 stops intersecting perpendicularly with the magnetization direction of the bias layer 6 and the symmetric property of a playback output wave is no longer acquired as a result, it is not desirable. [0124] Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element D that the presentation ratio n is under  $0.2 \text{ atom } \%$ , if n exceeds  $40 \text{ atom } \%$  preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0125] Moreover, when said antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 consider as the alloy which consists of  $\text{PtmMn100-m-nDn}$ , it is more desirable that m which shows a presentation ratio, and n are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 56.3 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0126] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as presentation ratio  $m+n$  is under  $52 \text{ atom } \%$ , it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtmMn100-m-nDn}$  which constitutes said bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, if presentation ratio  $m+n$  exceeds  $56.3 \text{ atom } \%$ , the exchange anisotropy field by the bias layer 6 will become large rather than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2. When performing 2nd heat treatment with a heat treatment

temperature of 270 degrees C, a bigger external magnetic field than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2 will be impressed to the bias layer 6. Since the fixed magnetic layer 3 is magnetized in the same direction as magnetization of the free magnetic layer 5 in the case of the 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C or it is hard coming to arrange the magnetization direction of the free magnetic layer 5, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 in the rectangular direction in the case of the 2nd heat treatment, it is not desirable. [0127] Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element D that the presentation ratio  $n$  is under 0.2 atom %, if  $n$  exceeds 40 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0128] Therefore, if the above-mentioned presentation ratio of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 is  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 56.3 \text{ atom } \%$  and is  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$  Since the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 becomes larger than the switched connection magnetic field of the bias layer 6 after the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 occurring at the time of the 1st heat treatment and performing 2nd heat treatment It is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, and since the magnetization direction of the free magnetic layer 5 can change smoothly, it is desirable. [0129] moreover, when the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 consider as the alloy of the presentation which consists of  $\text{PtqMn}100\text{-q-jLj}$  (however,  $L$  -- at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s)), as for  $q$  which shows a presentation ratio, and  $j$ , it is desirable that they are  $52 \text{ atom } \% \leq q+j \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $j \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 10 \text{ atom } \%$ . [0130] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as presentation ratio  $q+j$  is under 52 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn}100\text{-q-jLj}$  which constitutes said bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. When presentation ratio  $q+j$  exceeds 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn}100\text{-q-jLj}$  which constitutes said antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, when it stops having, shown the tropism switched connection magnetic field on the other hand and 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C is performed, since the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is not made the same as that of the magnetization direction of the bias layer 6, or the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 stops intersecting perpendicularly with the magnetization direction of the bias layer 6 and the symmetric property of a playback output wave is no longer acquired as a result, it is not desirable. [0131] Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element L that the presentation ratio  $j$  is under 0.2 atom %, if  $j$  exceeds 10 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0132] Moreover, when said antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 consider as the alloy which consists of  $\text{PtqMn}100\text{-q-jLj}$ , it is more desirable that  $q$  which shows a presentation ratio, and  $j$  are 52 atom

$\% \leq q + j \leq 56.3$  atom % and  $j \leq 0.2$  atom %  $\leq 10$  atom %. [0133] Even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as presentation ratio  $q + j$  is under 52 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{Pt}_q\text{Mn}_{100-q-j}\text{L}_j$  which constitutes said bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, if presentation ratio  $q + j$  exceeds 56.3 atom %, the exchange anisotropy field by the bias layer 6 will become large rather than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2. When performing 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C, a bigger external magnetic field than the exchange anisotropy field by the antiferromagnetism layer 2 will be impressed to the bias layer 6. Since the fixed magnetic layer 3 is magnetized in the same direction as magnetization of the free magnetic layer 5 in the case of the 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C or it is hard coming to arrange the magnetization direction of the free magnetic layer 5, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 in the rectangular direction in the case of the 2nd heat treatment, it is not desirable. [0134] Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element L that the presentation ratio  $j$  is under 0.2 atom %, if  $j$  exceeds 10 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0135] Therefore, if the above-mentioned presentation ratio of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 is 52 atom %  $\leq q + j \leq 56.3$  atom % and is  $j \leq 0.2$  atom %  $\leq 10$  atom % Since the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 becomes larger than the switched connection magnetic field of the bias layer 6 after the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 occurring at the time of the 1st heat treatment and performing 2nd heat treatment It is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, and since the magnetization direction of the free magnetic layer 5 can change smoothly, it is desirable. [0136] The antiferromagnetism layer of a bottom product mold spin bulb mold thin film magnetic cell, and here Moreover, the presentation of said antiferromagnetism layer 2, the antiferromagnetism layer of a top mold spin bulb mold thin film magnetic cell -- by making the presentations of said bias layer 6 differ here, for example, making [ more ] Mn concentration of the antiferromagnetism layer 2 than Mn concentration of the bias layer 6 The difference of the switched connection magnetic field of both after the 1st heat treatment can be made more remarkable, and it becomes possible to make more certainly magnetization of the free magnetic layer 5 and the fixed magnetic layer 3 into a rectangular condition after the 2nd heat treatment. Moreover, the difference of the exchange anisotropy field of both antiferromagnetism layer 2 and bias layer 6 who made Mn concentration after the 2nd heat treatment differ can be made still more remarkable, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is fixed to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, without changing, and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 becomes possible [ changing smoothly ]. [0137] namely, the bias layer 6 --  $\text{XmMn}_{100-m}$  (it Ir(s) X -- Pt and Pd --) It considers as at least one or more sorts of elements of Rh, Ru, and the Os(es), and the alloy with which m which shows a presentation ratio consists of  $m \leq 52$  atom %  $\leq 60$  atom %. It is more desirable to use the antiferromagnetism layer 2 as the alloy which consists of  $\text{XmMn}_{100-m}$  (m X indicates

at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, and the Os(es) and a presentation ratio to be is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ ). [0138] Even if m which shows the presentation of the bias layer 6 will perform 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C as shown in drawing 22 if it exceeds under 52 atom % or 60 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  which constitutes the bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property. That is, since it stops showing an one direction switched connection magnetic field, it is not desirable. When m which shows the presentation of the antiferromagnetism layer 2 exceeds under 48 atom % or 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{XmMn}_{100-m}$  which constitutes the antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. [0139] Therefore, after performing 1st heat treatment with a heat treatment temperature [ 1st ] of 245 degrees C, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is generated. And at the time of the 2nd heat treatment whose 2nd heat treatment temperature is 270 degrees C, an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is impressed. After performing 2nd heat treatment, so that the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 may become larger than the exchange anisotropy field of the bias layer 6 What is necessary is to change each presentation ratio and just to choose from the ranges of the presentation ratio ( $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 58 \text{ atom } \%$ ) of the antiferromagnetism layer 2, and the presentation ratio ( $m \leq 52 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ ) of the bias layer 6. [0140] By choosing respectively the presentation ratio which fulfills such conditions, and making presentation ranges differ, rather than the case where the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 are formed by the same presentation, the combination which can make remarkable the difference of the switched connection magnetic field of the antiferromagnetism layer 2 and the exchange anisotropy field of the bias layer 6 at the time of the 2nd heat treatment becomes possible, and the flexibility of layout improves. Moreover, by generating the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and making an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 impress in the case of the 2nd heat treatment in the case of the 1st heat treatment The magnetization direction of the free magnetic layer 5 and the fixed magnetic layer 3 can be made to cross not changing deterioration or the magnetization direction for the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and fixing the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 firmly. [0141] Furthermore, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 can be made larger than the exchange anisotropy field of the bias layer 6 after the 2nd heat treatment, to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, it is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing, and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 becomes possible [ changing smoothly ]. [0142] Another desirable combination of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 the bias layer 6 --  $\text{PtMn}_{100-m-n}\text{Dn}$  (it Ir(s) D -- Pd --) m which shows at least one sort or two sorts or more of elements of Rh, Ru, and the Os(es), and a presentation ratio, n considers as the alloy which consists of  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ , and it is the antiferromagnetism layer 2  $\text{PtMn}_{100-m-n}\text{Dn}$  (however, D) As for m which shows at least

one sort in Pd, Ir, Rh, Ru, and Os, or two sorts or more of elements, and a presentation ratio, and n, it is desirable to consider as the alloy which consists of  $48 \text{ atom } \% \leq m + n \leq 58 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ . [0143] When  $m + n$  which shows the presentation of the bias layer 6 exceeds under  $52 \text{ atom } \%$  or  $60 \text{ atom } \%$ , it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtMn}_{100-m-n}\text{D}_n$  which constitutes the bias layer 6 / grid / L10 type-rule ], and stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element D that n which shows the presentation of the bias layer 6 is under  $0.2 \text{ atom } \%$ , if n exceeds  $40 \text{ atom } \%$  preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0144] When  $m + n$  which shows the presentation of the antiferromagnetism layer 2 exceeds under  $48 \text{ atom } \%$  or  $58 \text{ atom } \%$ ; it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtMn}_{100-m-n}\text{D}_n$  which constitutes the antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops showing an one direction switched connection magnetic field, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while it is based on addition of Element D that n which shows the presentation of the 2nd antiferromagnetism layer is under  $0.2 \text{ atom } \%$ , if n exceeds  $40 \text{ atom } \%$  preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0145] Therefore, after performing 1st heat treatment with a heat treatment temperature [ 1st ] of 245 degrees C, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is generated. And at the time of the 2nd heat treatment whose 2nd heat treatment temperature is 270 degrees C, an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is impressed. After performing 2nd heat treatment, so that the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 may become larger than the exchange anisotropy field of the bias layer 6 What is necessary is to change each presentation ratio and just to choose from the ranges of the presentation ratio ( $48 \text{ atom } \% \leq m + n \leq 58 \text{ atom } \%$ ) of the antiferromagnetism layer 2, and the presentation ratio ( $52 \text{ atom } \% \leq m + n \leq 60 \text{ atom } \%$ ) of the bias layer 6. [0146] By choosing respectively the presentation ratio which fulfills such conditions, and making presentation ranges differ, rather than the case where the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 are formed by the same presentation, the combination which can make remarkable the difference of the switched connection magnetic field of each antiferromagnetism layer 2 and the exchange anisotropy field of the bias layer 6 at the time of the 2nd heat treatment becomes possible, and the flexibility of layout improves. Moreover, by generating the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and making an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 impress in the case of the 2nd heat treatment in the case of the 1st heat treatment The magnetization direction of the free magnetic layer 5 and the fixed magnetic layer 3 can be made to cross not changing deterioration or the magnetization direction for the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and fixing the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 firmly. [0147] Furthermore, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 can be made larger than the exchange

anisotropy field of the bias layer 6 after the 2nd heat treatment, to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, it is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing, and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 becomes possible [ changing smoothly ]. [0148] Another desirable combination of the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 It is the bias layer 6  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  (however, L) At least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), q which shows a presentation ratio, and j consider as the alloy which consists of 52 atom %  $\leq q+j \leq 60$  atom % and  $j \leq 0.2$  atom %  $\leq 10$  atom %, and it is the antiferromagnetism layer 2  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  (however, L) It is desirable that q which shows at least one sort or two sorts or more of elements of Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s) and a presentation ratio, and j consider as the alloy which consists of 48 atom %  $\leq q+j \leq 58$  atom % and  $j \leq 0.2$  atom %  $\leq 10$  atom %. [0149] When  $q+j$  which shows the presentation of the bias layer 6 exceeds under 52 atom % or 60 atom %, the crystal lattice of  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  which constitutes the bias layer 6 becomes that it is [ regulation-] hard to be used to L10 type-rule grid, and it stops showing an antiferromagnetism property, even if it performs 2nd heat treatment with a heat treatment temperature of 270 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while j which shows the presentation of the bias layer 6 is based on addition of Element L as it is under 0.2 atom %, if the presentation ratio j exceeds 10 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0150] When  $q+j$  which shows the presentation of the antiferromagnetism layer 2 exceeds under 48 atom % or 58 atom %, it is [ regulation ] hard coming-izing [ the crystal lattice of  $\text{PtqMn100-q-jLj}$  which constitutes the antiferromagnetism layer 2 / grid / L10 type-rule ], and stops moreover, showing an antiferromagnetism property, even if it performs 1st heat treatment with a heat treatment temperature of 245 degrees C. That is, since it stops, showing a tropism switched connection magnetic field on the other hand, it is not desirable. Moreover, since the improvement effect of a tropism switched connection magnetic field does not fully show up while j which shows the presentation of the antiferromagnetism layer 2 is based on addition of Element L as it is under 0.2 atom %, if j exceeds 10 atom % preferably, since a tropism switched connection magnetic field will fall on the other hand, it is not desirable. [0151] Therefore, after performing 1st heat treatment with a heat treatment temperature [ 1st ] of 245 degrees C, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is generated. And at the time of the 2nd heat treatment whose 2nd heat treatment temperature is 270 degrees C, an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 is impressed. After performing 2nd heat treatment, so that the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 may become larger than the exchange anisotropy field of the bias layer 6 What is necessary is to change each presentation ratio and just to choose from the ranges of the presentation ratio (48 atom %  $\leq q+j \leq 58$  atom %) of the antiferromagnetism layer 2, and the presentation ratio (52 atom %  $\leq q+j \leq 60$  atom %) of the bias layer 6: [0152] By choosing respectively the presentation ratio which fulfills such conditions, and making presentation ranges differ, rather than the case where the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 are formed by the same presentation, the combination which can make remarkable the difference of the switched connection magnetic



field of each antiferromagnetism layer 2 and the exchange anisotropy field of the bias layer 6 at the time of the 1st heat treatment and the 2nd heat treatment becomes possible, and the flexibility of layout improves. Moreover, by generating the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and making an external magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 impress in the case of the 2nd heat treatment in the case of the 1st heat treatment The magnetization direction of the free magnetic layer 5 and the fixed magnetic layer 3 can be made to cross not changing deterioration or the magnetization direction for the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2, and fixing the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 firmly. [0153] Furthermore, the exchange anisotropy field of the antiferromagnetism layer 2 can be made larger than the exchange anisotropy field of the bias layer 6 after the 2nd heat treatment, to impression of the signal magnetic field from magnetic-recording data medium, it is fixed without the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 changing, and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 becomes possible [ changing smoothly ]. [0154] In such a spin bulb mold thin film magnetic cell 1, since the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6 consist of an alloy containing at least one sort in Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn, the temperature characteristic of an exchange anisotropy field becomes good, and it becomes the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 excellent in thermal resistance. [0155] For example, the blocking temperature of a PtMn alloy is about 380 degrees C, and is high as compared with 150 degrees C of the FeMn alloy used for the bias layer in the conventional spin bulb mold thin film magnetic cell. Therefore, the endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which the temperature in equipment serves as an elevated temperature, is good, and fluctuation of the exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by the temperature change can consider as few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells 1. [0156] Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and the antiferromagnetism layer 2 can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming the antiferromagnetism layer 2 with the above-mentioned material again, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is firmly fixable. Moreover, also in the bias layer 6 of this invention, and the antiferromagnetism layer 2, it is 380 degrees C, even if it measures the blocking temperature of a PtMn alloy with 230 degrees C of an IrMn alloy, it is high, and it is more desirable. [0157] By such manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 In the antiferromagnetism layer 2 and the bias layer 6, at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), Since the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3 is fixed by heat treatment of the 1st time and the magnetization direction of the free magnetic layer 5 is arranged in the magnetization direction of said fixed magnetic layer 3, and the crossing direction by the 2nd heat treatment using the property of said alloy using the alloy containing Mn Without having an adverse effect in the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3, the magnetization direction of the free magnetic layer 5 can be arranged in the magnetization direction of the fixed magnetic layer 3, and the crossing direction, and the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 excellent in thermal resistance can be obtained. [0158] Moreover, the manufacture method of this spin bulb mold thin film magnetic cell Since it is the method of forming the soft magnetism layers 7 and 7 on the 1st layered product a1, and forming the bias layers 6 and 6 on said soft magnetism

layers 7 and 7 Since it is necessary to clean the front face in which said bias layers 6 and 6 can be formed in, and said bias layers 6 and 6 are formed neither by ion milling nor the reverse sputter, without breaking a vacuum after forming the soft magnetism layers 7 and 7, The contamination by the reattachment object, the adverse effect to generating of the exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. can be made into the outstanding manufacture method which the inconvenience resulting from cleaning does not produce. Moreover, since it is not necessary to clean the field in which said bias layers 6 and 6 are formed before forming said bias layers 6 and 6, it can manufacture easily. [0159] On the other hand, ferromagnetic association by the interface of the free magnetic layer 5 and the soft magnetism layer 7 is not so sensitive to contamination etc. as the switched connection in an interface with an antiferromagnetism layer. For this reason, although the vertical bias magnetic field to the free magnetic layer 5 is fully securable even if it forms the soft magnetism layer 7, once it takes out to atmospheric air, in advance of membrane formation of the soft magnetism layer 7, cleaning by ion milling, a reverse sputter, etc. may be performed, without breaking a vacuum. [0160] Moreover, by considering as the thin film magnetic head which comes to prepare the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell 1 for a slider 151, it excels in endurance and thermal resistance, and can consider as the thin film magnetic head with the high reliability from which sufficient exchange anisotropy field is obtained. [0161] In the spin bulb mold thin film magnetic cell 1 of the 1st operation gestalt of this invention, although the fixed magnetic layer 3 and the free magnetic layer 5 were formed in the thickness direction upper and lower sides of the nonmagnetic conductive layer 4 as monolayer structure, respectively as mentioned above, it is good also considering these as two or more structures. [0162] The mechanism which shows huge magnetic-reluctance change is based on spin dependence dispersion of the conduction electron produced in the interface of the nonmagnetic conductive layer 4, the fixed magnetic layer 3, and the free magnetic layer 5. Co layer can be illustrated as a combination with big spin dependence dispersion to said nonmagnetic conductive layer 4 which consists of Cu etc. For this reason, when the fixed magnetic layer 3 is formed with materials other than Co, it is desirable to form the portion by the side of the nonmagnetic conductive layer 4 of the fixed magnetic layer 3 by thin Co layer 3a, as the two-dot chain line of drawing 1 shows. Moreover, also when the free magnetic layer 5 is formed with materials other than Co, it is desirable to form the portion by the side of the nonmagnetic conductive layer 4 of the free magnetic layer 5 by thin Co layer 5a like the case of the fixed magnetic layer 3, as the two-dot chain line of drawing 1 shows. [0163] [Operation gestalt of \*\* 2nd] drawing 7 is the cross-sectional view having shown the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 2nd operation gestalt of this invention in mimetic diagram, and drawing 8 is the cross section having shown the structure at the time of seeing the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 7 from an opposed face side with a record medium. Also in this spin bulb mold thin film magnetic cell, it is prepared in the trailing side edge section of the floatation type slider formed in the hard disk drive unit etc. like the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 1, and record magnetic fields, such as a hard disk, are detected. In addition, the migration direction of magnetic-recording data medium, such as a hard disk, is a graphic display Z direction; and the direction of the leak magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y. [0164] An antiferromagnetism layer, a fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, and the free magnetic layer of the spin bulb mold thin film

magnetic cell shown in drawing 7 and drawing 8 are kinds of the formed so-called bottom product type of single spin bulb mold thin film magnetic cell every much more. Moreover, the magnetization direction of a free magnetic layer is arranged in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the exchange bias method using the bias layer which consists of an antiferromagnetism material like the spin bulb mold thin film magnetic cell which also shows the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example to drawing 1 . [0165] In drawing 7 and drawing 8 , Sign K shows the substrate. On this substrate K, the insulating substrate layers 200, such as aluminum 2O3, the lower shield layer 163, the lower gap layer 164, and the antiferromagnetism layer 11 are formed, and the 1st fixed magnetic layer 12 is further formed on said antiferromagnetism layer 11. And the nonmagnetic interlayer 13 is formed on said 1st fixed magnetic layer 12, and the 2nd fixed magnetic layer 14 is formed on said nonmagnetic interlayer 13. The nonmagnetic conductive layer 15 is formed on said 2nd fixed magnetic layer 14, and the free magnetic layer 16 is further formed on said nonmagnetic conductive layer 15. [0166] Moreover, on said free magnetic layer 16, the soft magnetism layers 19 and 19 open the gap equivalent to the width of recording track Tw, and are prepared. The bias layers 130 and 130 are formed on said soft magnetism layers 19 and 19, and conductive layers 131 and 131 are formed on said bias layers 130 and 130. [0167] In this spin bulb mold thin film magnetic cell Like the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 1st above-mentioned operation gestalt, the antiferromagnetism layer 11 At least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), It consists of an alloy containing Mn and the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 are magnetized in the respectively fixed direction by heat treatment among a magnetic field. [0168] Said 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 are formed with for example, Co film, the NiFe alloy, the CoNiFe alloy, the CoNi alloy, the CoFe alloy, etc. Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 13 who intervenes between the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0169] By the way, the arrow head shown in the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 which are shown in drawing 7 expresses the magnitude of each magnetic moment, and its direction, and the magnitude of said magnetic moment is selected with the value to which saturation magnetization (Ms) and thickness (t) were applied. [0170] Since it is formed with the construction material with same 1st fixed magnetic layer 12 and 2nd fixed magnetic layer 14 which are shown in drawing 7 and drawing 8 and the thickness tP2 of the 2nd fixed magnetic layer 14 is moreover formed more greatly than the thickness tP1 of the 1st fixed magnetic layer 12, compared with the 1st fixed magnetic layer 12, the magnetic moment is [ the direction of the 2nd fixed magnetic layer 14 ] large. Moreover, it is desirable to have the magnetic moment from which the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 differ. Therefore, the thickness tP1 of the 1st fixed magnetic layer 12 may be formed more thickly than the thickness tP2 of the 2nd fixed magnetic layer 14. [0171] As the 1st fixed magnetic layer 12 is shown in drawing 7 and drawing 8 , it is magnetized in the direction of graphic display Y, i.e., the direction which separates from a record medium, (the height direction), and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 14 which counters through the nonmagnetic interlayer 13 is magnetized by the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 12, and anti-parallel (ferry condition). [0172] By forming the 1st fixed magnetic layer 12 in contact

with the antiferromagnetism layer 11, and giving annealing in a magnetic field (heat treatment), as a switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) occurs in the interface of said 1st fixed magnetic layer 12 and antiferromagnetism layer 11, for example, it is shown in drawing 7 and drawing 8, magnetization of said 1st fixed magnetic layer 12 is fixed in the direction of graphic display Y. When magnetization of said 1st fixed magnetic layer 12 is fixed in the direction of graphic display Y, magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 14 which counters through the nonmagnetic interlayer 13 is fixed in the state of magnetization of the 1st fixed magnetic layer 12, and anti-parallel (ferry condition). [0173] In such a spin bulb mold thin film magnetic cell, it is so possible that a switched connection magnetic field is large for it to be stabilized and to maintain magnetization of the 1st fixed magnetic layer 12 and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 14 at an anti-parallel condition. In the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example, as an antiferromagnetism layer 11, it is high, and also thermally blocking temperature is stabilized and can maintain the magnetization condition of said 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 by using the above-mentioned alloy moreover made to generate a large switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) in an interface with the 1st fixed magnetic layer 12. [0174] By storing the film parameter of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 within proper limits in such [ as mentioned above ] a spin bulb mold thin film magnetic cell, a switched connection magnetic field (Hex) can be enlarged, magnetization of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 can be maintained at the anti-parallel condition (ferry condition) stabilized also thermally, and it is possible to obtain good \*\*MR (resistance rate of change) moreover. [0175] As shown in drawing 7 and drawing 8, on the 2nd fixed magnetic layer 14, the nonmagnetic conductive layer 15 formed by Cu etc. is formed, and the free magnetic layer 16 is further formed on said nonmagnetic conductive layer 15. As said free magnetic layer 16 is shown in drawing 7 and drawing 8, the layer of the sign 17 which is formed by two-layer and formed in the side which touches said nonmagnetic conductive layer 15 is formed by Co film. Moreover, another layer 18 is formed with the NiFe alloy, a CoFe alloy or a CoNiFe alloy, etc. In addition, the reason for forming the layer 17 of Co film in the side which touches the nonmagnetic conductive layer 15 is that diffusion of the metallic element in an interface with said nonmagnetic conductive layer 15 formed of Cu etc. can be prevented, and it can enlarge \*\*MR (resistance rate of change). As for said soft magnetism layers 19 and 19, being formed with a NiFe alloy etc. is desirable. [0176] Moreover, the bias layers 130 and 130 shall consist of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn like said antiferromagnetism layer 11. In response to the effect of the bias magnetic field of said bias layer 130, magnetization of said free magnetic layer 16 is in the condition of having been magnetized in the graphic display X1 direction. Moreover, as for conductive layers 131 and 131, being formed of Au, W, Cr, Ta, etc. is desirable. [0177] In the spin bulb mold thin film magnetic cell in drawing 7 and drawing 8, sense current is given to the free magnetic layer 16, the nonmagnetic conductive layer 15, and the 2nd fixed magnetic layer 14 from said conductive layers 131 and 131. If a magnetic field is given in the direction of graphic display Y shown in drawing 7 and drawing 8 from a record medium, when magnetization of the free magnetic layer 16 is changed in the direction of Y from graphic display X1 direction and dispersion of the conduction electron for which it depended on spin by the interface of the nonmagnetic conductive layer 15 at this time and the free magnetic

layer 16 and the interface of the nonmagnetic conductive layer 15 and the 2nd fixed magnetic layer 14 takes place, electric resistance will change and the leak magnetic field from a record medium will be detected. [0178] By the way, said sense current flows to the interface of the 1st fixed magnetic layer 12 and the nonmagnetic interlayer 13 etc. actually. Said 1st fixed magnetic layer 12 does not participate in \*\*MR directly, but said 1st fixed magnetic layer 12 is the layer which, so to speak, bore the auxiliary role for fixing the 2nd fixed magnetic layer 14 which participates in \*\*MR in the proper direction. For this reason, although it becomes a shunt loss (current loss) that sense current flows to the 1st fixed magnetic layer 12 and nonmagnetic interlayer 13, there are dramatically few amounts of this shunt loss, and it is possible to obtain \*\*MR almost comparable as the former with the 2nd operation gestalt. [0179] The spin bulb mold thin film magnetic cell of this example can be manufactured by the almost same manufacture method as the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 1 . namely, by the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention After carrying out the laminating of the antiferromagnetism layer 11, the 1st fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic interlayer 13, the 2nd fixed magnetic layer 14, the nonmagnetic conductive layer 15, and the free magnetic layer 16 one by one and forming the 1st layered product on Substrate K, Impressing the 1st magnetic field which is the width-of-recording-track Tw direction and the direction which intersects perpendicularly to said 1st layered product, heat-treat at the 1st heat treatment temperature, said antiferromagnetism layer 11 is made to generate an exchange anisotropy field, and magnetization of said 1st fixed magnetic layer 12 is fixed. [0180] Next, by the method of using the resist for lift offs on said 1st layered product etc. Open the gap equivalent to the width of recording track Tw, and the soft magnetism layers 19 and 19 are formed. Then, the bias layers 130 and 130 are formed on said soft magnetism layers 19 and 19, further, conductive layers 131 and 131 are formed on said bias layers 130 and 130, and the 2nd layered product of the same configuration as the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 7 and drawing 8 is obtained. [0181] Thus, impressing the 2nd magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of said antiferromagnetism layer 11 in the width-of-recording-track Tw direction to the 2nd obtained layered product The spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 7 and drawing 8 is obtained by heat-treating at the 2nd heat treatment temperature, and giving the bias magnetic field of the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14, and the crossing direction to said free magnetic layer 16. [0182] Also in such a spin bulb mold thin film magnetic cell, since the antiferromagnetism layer 11 and the bias layer 130 consist of an alloy containing at least one sort in Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn, the temperature characteristic of an exchange anisotropy field becomes good, and it becomes the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance. Moreover, the endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which the temperature in equipment serves as an elevated temperature, is good, and fluctuation of the exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by the temperature change can consider as few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells. Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and the antiferromagnetism layer 11 can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming the antiferromagnetism layer 11 with the above-mentioned alloy again, the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14

is firmly fixable. [0183] Moreover, it sets to the manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell. In the antiferromagnetism layer 11 and the bias layer 130, Pt, Pd, Rh, Ru, The property of said alloy is used using the alloy containing at least one sort in Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn. Since the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 12 is fixed by heat treatment of the 1st time and the magnetization direction of the free magnetic layer 16 is arranged in the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14, and the crossing direction by the 2nd heat treatment Without having an adverse effect in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 12, the magnetization direction of the free magnetic layer 16 can be arranged in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14, and the crossing direction, and the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance can be obtained. [0184] Moreover, the manufacture method of this spin bulb mold thin film magnetic cell Since it is the method of forming the soft magnetism layers 19 and 19 on the 1st layered product, and forming the bias layers 130 and 130 on said soft magnetism layers 19 and 19 After forming the soft magnetism layers 19 and 19, said bias layers 130 and 130 can be formed without breaking a vacuum. Since it is necessary to clean the front face in which said bias layers 130 and 130 are formed neither by ion milling nor the reverse sputter, The contamination by the reattachment object, the adverse effect to generating of the exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. can be made into the outstanding manufacture method which the inconvenience resulting from cleaning does not produce. Moreover, since it is not necessary to clean the field in which said bias layers 130 and 130 are formed before forming said bias layers 130 and 130, it can manufacture easily. [0185] [Operation gestalt of \*\* 3rd] drawing 9 is the cross-sectional view having shown the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 3rd operation gestalt of this invention in mimetic diagram, and drawing 10 is the cross section having shown the structure at the time of seeing the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 9 from an opposed face side with a record medium. Also in the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example, it is prepared in the trailing side edge section of the floatation type slider formed in the hard disk drive unit etc. like the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, and record magnetic fields, such as a hard disk, are detected. In addition, the migration direction of magnetic-recording data medium, such as a hard disk, is a graphic display Z direction, and the direction of the leak magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y. [0186] Moreover, the magnetization direction of a free magnetic layer is arranged in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the exchange bias method using the bias layer which the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example also becomes from an antiferromagnetism material. As for this spin bulb mold thin film magnetic cell, not only a fixed magnetic layer but the free magnetic layer is divided by two-layer [ of the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer ] through the nonmagnetic interlayer. [0187] In drawing 9 and drawing 10 , Sign K shows the substrate. On this substrate K, the insulating substrate layers 200, such as aluminum 2O3, the lower shield layer 163, the lower gap layer 164, and the antiferromagnetism layer 51 are formed, and the laminating of the 1st fixed magnetic layer 52, the nonmagnetic interlayer 53, the 2nd fixed magnetic layer 54, the nonmagnetic conductive layer 55, the 2nd free magnetic layer 56, the nonmagnetic interlayer 59,

and the 1st free magnetic layer 60 is further carried out to order on said antiferromagnetism layer 51. On said 1st free magnetic layer 60, as shown in drawing 10, the soft magnetism layers 61 and 61 open the gap equivalent to the width of recording track  $T_w$ , and are prepared. The bias layers 62 and 62 are formed on said soft magnetism layers 61 and 61, and conductive layers 63 and 63 are formed on said bias layers 62 and 62. [0188] Also in the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 3rd operation gestalt of this invention said antiferromagnetism layer 51 Like the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), It consists of an alloy containing Mn and the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 are magnetized in the respectively fixed direction by heat treatment among a magnetic field. [0189] The 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 are formed from Co film, the NiFe alloy, the CoFe alloy or the CoNiFe alloy, the CoNi alloy, etc. Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 53, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0190] By forming the 1st fixed magnetic layer 52 in contact with the antiferromagnetism layer 51, and giving annealing in a magnetic field (heat treatment), as a switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) occurs in the interface of said 1st fixed magnetic layer 52 and antiferromagnetism layer 51, for example, it is shown in drawing 9 and drawing 10, magnetization of said 1st fixed magnetic layer 22 is fixed in the direction of graphic display Y. When magnetization of said 1st fixed magnetic layer 52 is fixed in the direction of graphic display Y, magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 54 which counters through the nonmagnetic interlayer 53 is fixed in the state of magnetization of the 1st fixed magnetic layer 52, and anti-parallel (ferry condition). [0191] In order to maintain the stability of this ferry condition, a large switched connection magnetic field is required. In the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example, as an antiferromagnetism layer 51, it is high, and also thermally blocking temperature is stabilized and can maintain the magnetization condition of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 by using the above-mentioned alloy moreover made to generate a large switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) in an interface with the 1st fixed magnetic layer 52. Moreover, as for said nonmagnetic conductive layer 55, being formed by Cu etc. is desirable. [0192] Moreover, as said 1st free magnetic layer 56 is shown in drawing 9 and drawing 10, it is formed from two-layer and the Co film 57 is formed in the side which touches the nonmagnetic conductive layer 55. Forming the Co film 57 in the side which touches the nonmagnetic conductive layer 55, because \*\*MR can be enlarged the 1st, it is for preventing diffusion with the nonmagnetic conductive layer 55 to the 2nd. [0193] The NiFe alloy film 58 is formed on said Co film 57. Furthermore, the nonmagnetic interlayer 59 is formed on said NiFe alloy film 58. And the 1st free magnetic layer 60 is formed on said nonmagnetic interlayer 59. Said 1st free magnetic layer 60 is formed with Co film, the NiFe alloy, the CoFe alloy or the CoNiFe alloy, the CoNi alloy, etc. [0194] Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 59 who intervenes between the 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0195] By the switched connection magnetic field (RKKY interaction) generated between said 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60, magnetization of said 2nd free magnetic layer 56 and magnetization of the 1st free magnetic layer 60 are in the anti-parallel condition (ferry condition) mutually, as



shown in drawing 9 and drawing 10 . [0196] In the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 9 and drawing 10 , the thickness  $t_{F2}$  of the 2nd free magnetic layer 56 is formed smaller than the thickness  $t_{F1}$  of the 1st free magnetic layer 60, for example. And  $M_s-t_{F2}$  of said 2nd free magnetic layer 56 If it is set up smaller than  $M_s-t_{F1}$  of the 1st free magnetic layer 60 and a bias magnetic field is given to graphic display X1 direction and an opposite direction from the bias layer 62 Magnetization of the 1st large free magnetic layer 60 of  $M_s-t_{F1}$  is arranged with graphic display X1 direction and an opposite direction in response to the effect of said bias magnetic field. By the switched connection magnetic field (RKKY interaction) with said 1st free magnetic layer 60 Magnetization of the 2nd small free magnetic layer 56 of  $M_s-t_{F2}$  is arranged in the graphic display X1 direction. [0197] If an external magnetic field invades from graphic display Y, magnetization of said 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60 will rotate in response to the effect of said external magnetic field, maintaining a ferry condition. And with the relation between fluctuation magnetization of the 2nd free magnetic layer 56 which \*\*\*\* to \*\*MR, and fixed magnetization (for example, the direction of graphic display Y and the opposite direction are magnetized) of the 2nd fixed magnetic layer 54, electric resistance changes and an external magnetic field is detected as electric resistance change. [0198] As for said soft magnetism layers 61 and 61, being formed for example, with a NiFe alloy etc. is desirable. Moreover, the bias layers 62 and 62 shall consist of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn like said antiferromagnetism layer 51. Moreover, as for conductive layers 62 and 63, being formed of Au, W, Cr, Ta, etc. is desirable. [0199] It can manufacture by the almost same manufacture method as the spin bulb mold thin film magnetic cell which also shows the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example to drawing 1 . namely, by the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention After carrying out the laminating of the antiferromagnetism layer 51, the 1st fixed magnetic layer 52, the nonmagnetic interlayer 53, the 2nd fixed magnetic layer 54, the nonmagnetic conductive layer 55, the 2nd free magnetic layer 56, the nonmagnetic interlayer 59, and the 1st free magnetic layer 60 one by one and forming the 1st layered product on Substrate K, Impressing the 1st magnetic field which is the width-of-recording-track  $T_w$  direction and the direction which intersects perpendicularly to said 1st layered product, heat-treat at the 1st heat treatment temperature, said antiferromagnetism layer 51 is made to generate an exchange anisotropy field, and magnetization of said 1st fixed magnetic layer 52 is fixed. [0200] Next, by the method of using the resist for lift offs on said 1st layered product etc. Open the gap equivalent to the width of recording track  $T_w$ , and the soft magnetism layers 61 and 61 are formed. Then, the bias layers 62 and 62 are formed on said soft magnetism layers 61 and 61, further, conductive layers 63 and 63 are formed on said bias layers 62 and 62, and the 2nd layered product of the same configuration as the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 9 and drawing 10 is obtained. [0201] Thus, impressing the 2nd magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of said antiferromagnetism layer 51 in the width-of-recording-track  $T_w$  direction to the 2nd obtained layered product It heat-treats at the 2nd heat treatment temperature, and the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 9 and drawing 10 is obtained by giving the bias magnetic field of the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction to said 1st free magnetic layer 60. [0202] Also in such a spin bulb mold thin

film magnetic cell, since the antiferromagnetism layer 51 and the bias layer 62 consist of an alloy containing at least one sort in Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn, the temperature characteristic of an exchange anisotropy field becomes good, and it becomes the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance. [0203] Moreover, the endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which an element serves as an elevated temperature with the Joule's heat by the flowing sense current, is good, and fluctuation of the exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by the temperature change can use the environmental temperature and the element in a hard disk drive unit as few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells. Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and the antiferromagnetism layer 51 can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming the antiferromagnetism layer 51 with the above-mentioned alloy again, the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 is firmly fixable. [0204] Moreover, it sets to the manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell. In the antiferromagnetism layer 51 and the bias layer 62, Pt, Pd, Rh, Ru, The property of said alloy is used using the alloy containing at least one sort in Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn. Since the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 is fixed by heat treatment of the 1st time and the magnetization direction of the 1st free magnetic layer 60 is arranged in the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction by the 2nd heat treatment The magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60 can be arranged in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction, without having an adverse effect in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52. The spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance can be obtained. [0205] Moreover, the manufacture method of this spin bulb mold thin film magnetic cell Since it is the method of forming the soft magnetism layers 61 and 61 on the 1st layered product, and forming the bias layers 62 and 62 on said soft magnetism layers 61 and 61 Since it is necessary to clean the front face in which said bias layers 62 and 62 can be formed in, and said bias layers 62 and 62 are formed neither by ion milling nor the reverse spatter, without breaking a vacuum after forming the soft magnetism layers 61 and 61, The contamination by the reattachment object, the adverse effect to generating of the exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. can be made into the outstanding manufacture method which the inconvenience resulting from cleaning does not produce. Moreover, since it is not necessary to clean the field in which said bias layers 62 and 62 are formed before forming said bias layers 62 and 62, it has the feature which can be manufactured easily. [0206] An operation of a sense current magnetic field is explained in the structure of [an operation of a sense current magnetic field] next the 2nd operation gestalt shown in drawing 7 - drawing 10 , and the 3rd operation gestalt. The 2nd fixed magnetic layer 14 is formed in the nonmagnetic conductive layer 15 bottom in the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 7 and drawing 8 . In this case, if it is, the direction of a sense current magnetic field is doubled in the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the larger magnetic moment among the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14. [0207] As shown in drawing 7 , the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 14 is

large compared with the magnetic moment of the 1st fixed magnetic layer 12, and the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 14 has turned to the direction of graphic display Y, and the opposite direction (graphic display left). For this reason, the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 1st fixed magnetic layer 12 and the magnetic moment of the 2nd fixed magnetic layer 14 has turned to the direction of graphic display Y, and the opposite direction (graphic display left). [0208] As mentioned above, the nonmagnetic conductive layer 15 is formed in the 2nd fixed magnetic layer 14 and 1st fixed magnetic layer 12 upside. For this reason, the sense current magnetic field formed of the sense current 112 which mainly flows focusing on said nonmagnetic conductive layer 15 should just control the direction which said sense current 112 passes suitable leftward [ graphic display ] in under surface than said nonmagnetic conductive layer 15. If it does in this way, the direction of the synthetic magnetic moment of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 and the direction of said sense current magnetic field are in agreement. [0209] As shown in drawing 7, said sense current 112 is passed in the graphic display X1 direction. By the principle of a right screw, the sense current magnetic field formed by passing sense current is formed in the clockwise direction to space. therefore, in the layer below the nonmagnetic conductive layer 15 The sense current magnetic field of the graphic display direction (the direction of graphic display Y and opposite direction) will be impressed. According to this sense current The switched connection magnetic field (RKKY interaction) which acts in the direction which reinforces the 1st synthetic magnetic moment, and acts between the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14 is amplified. It becomes possible to stabilize more nearly thermally the anti-parallel condition of magnetization of said 1st fixed magnetic layer 12, and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 14. [0210] If 1mA of sense current is passed especially, it turns out that the sense current magnetic field of about 30 (Oe) degree occurs, and element temperature rises by about 10 degrees C. Furthermore, the rotational frequency of a record medium becomes quick to a 10000rpm degree, and the temperature in equipment rises to about 100 degrees C of highest by lifting of this rotational frequency. For this reason, for example, when 10mA of sense current is passed, the element temperature of a spin bulb mold thin film magnetic cell rises to about 200 degrees C, and becomes as large [ a sense current magnetic field ] as 300 (Oe) further. [0211] The anti-parallel condition of magnetization of the 1st fixed magnetic layer 12 and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 14 becomes it easy to break that the direction of the synthetic magnetic moment which adds the magnetic moment of the 1st fixed magnetic layer 12 and the 2nd fixed magnetic layer 14, and can moreover ask for them under such very high environmental temperature if it is when big sense current flows, and the direction of a sense current magnetic field are reverse sense. Moreover, in order to enable it to bear also under high environmental temperature, it is necessary besides accommodation of the direction of a sense current magnetic field to use the antiferromagnetism material which has a high blocking temperature as an antiferromagnetism layer 11. Therefore, in this invention, the above-mentioned alloy with a high blocking temperature is used. [0212] In addition, when the synthetic magnetic moment formed by the magnetic moment of the 1st fixed magnetic layer 12 and the magnetic moment of the 2nd fixed magnetic layer 14 which are shown in drawing 7 is suitable rightward [ graphic display ] (the direction of graphic display Y), a sink and a sense current magnetic field should just be formed in graphic display X1 direction and an opposite direction in the counterclockwise direction to space in sense current. [0213]

Although drawing 9 and drawing 10 are the operation gestalten of the spin bulb mold thin film magnetic cell by which the free magnetic layer was divided and formed in two-layer [ of the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer ] through the nonmagnetic interlayer What is necessary is just to control the same direction of sense current as the case of the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 7 , if it is like the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 9 when the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 are formed below the nonmagnetic conductive layer 55. [0214] As mentioned above, the direction of the sense current magnetic field which is formed by passing sense current according to the gestalt of each above-mentioned operation, By making in agreement the direction of the synthetic magnetic moment which can be searched for by adding the magnetic moment of the 1st fixed magnetic layer, and the magnetic moment of the 2nd fixed magnetic layer It is possible to make the switched connection magnetic field (RKKY interaction) which acts between said 1st fixed magnetic layer and the 2nd fixed magnetic layer amplify, and to maintain the anti-parallel condition (ferry condition) of magnetization of said 1-th fixed magnetic layer and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer at the condition of having been stabilized thermally. [0215] In order to raise thermal stability more, even if it is using the antiferromagnetism material with a high blocking temperature for an antiferromagnetism layer and environmental temperature rises substantially by this with the gestalt of this operation especially compared with the former, it can be made hard to break the anti-parallel condition (ferry condition) of magnetization of said 1st fixed magnetic layer, and magnetization of the 2nd fixed magnetic layer. [0216] Moreover, although a sense current magnetic field will also become large according to it if the amount of sense current tends to be enlarged and it is going to enlarge a playback output since it corresponds to high recording density-ization With the gestalt of operation of this invention, since said sense current magnetic field has brought about the operation which makes the switched connection magnetic field committed between the 1st fixed magnetic layer and the 2nd fixed magnetic layer amplify, the magnetization condition of the 1st fixed magnetic layer and the 2nd fixed magnetic layer becomes what was stabilized more according to buildup of a sense current magnetic field. [0217] In addition, in order to be able to apply it even if control of this direction of sense current is the case where what kind of antiferromagnetism material is used for an antiferromagnetism layer, for example, to generate a switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) in the interface of an antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer (1st fixed magnetic layer), it does not ask whether heat treatment is required or it is not required. Furthermore, even if it is the case of the single spin bulb mold thin film magnetic cell which is shown in drawing 1 and in which the fixed magnetic layer is formed by the monolayer like the gestalt of the 1st operation, it is possible to stabilize magnetization of said fixed magnetic layer thermally by making in agreement the direction of the sense current magnetic field formed by passing the sense current mentioned above, and the magnetization direction of a fixed magnetic layer. [0218] [Operation gestalt of \*\* 4th] drawing 11 is the cross section having shown the structure at the time of seeing the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 4th operation gestalt of this invention from an opposed face side with a record medium. Also in this spin bulb mold thin film magnetic cell, it is prepared in the trailing side edge section of the floatation type slider formed in the hard disk drive unit etc. like the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 1 , and record magnetic fields, such as a hard disk, are detected. In addition, the migration direction of

magnetic-recording data medium, such as a hard disk, is a graphic display Z direction, and the direction of the leak magnetic field from magnetic-recording data medium is the direction of Y. [0219] Moreover, the magnetization direction of a free magnetic layer is arranged in the direction which crosses to the magnetization direction of a fixed magnetic layer with the exchange bias method using the bias layer which the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example also becomes from an antiferromagnetism material. As for this spin bulb mold thin film magnetic cell, not only a fixed magnetic layer but the free magnetic layer is divided by two-layer [ of the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer ] through the nonmagnetic interlayer. [0220] In drawing 11 , Sign K shows the substrate. On this substrate K, like the case of the 3rd operation gestalt shown in previous drawing 10 The insulating substrate layers 200, such as aluminum 2O3, the lower shield layer 163, the lower gap layer 164, and the antiferromagnetism layer 51 are formed. Further on said antiferromagnetism layer 51 The laminating of the 1st fixed magnetic layer 52, the nonmagnetic interlayer 53, the 2nd fixed magnetic layer 54, the nonmagnetic conductive layer 55, the 2nd free magnetic layer 56, the nonmagnetic interlayer 59, and the 1st free magnetic layer 60 is carried out to order. Crevices 60a and 60a are formed in the both sides of the portion which is equivalent to the width of recording track of the center section in said 2nd free magnetic layer 60, and it is prepared so that the gap at which the soft magnetism layers 61 and 61 are equivalent to the width of recording track Tw so that such crevice 60a may be embedded may be opened. Furthermore, the bias layers 62 and 62 are formed on these soft magnetism layers 61 and 61, and conductive layers 63 and 63 are formed on said bias layers 62 and 62. [0221] Also in the spin bulb mold thin film magnetic cell of the 4th operation gestalt of this invention said antiferromagnetism layer 51 Like the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), It consists of an alloy containing Mn and the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 are magnetized in the respectively fixed direction by heat treatment among a magnetic field. [0222] The 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 are formed from Co film, the NiFe alloy, the CoFe alloy or the CoNiFe alloy, the CoNi alloy, etc. Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 53, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0223] By forming the 1st fixed magnetic layer 52 in contact with the antiferromagnetism layer 51, and giving annealing in a magnetic field (heat treatment), as a switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) occurs in the interface of said 1st fixed magnetic layer 52 and antiferromagnetism layer 51, for example, it is shown in drawing 11 , magnetization of said 1st fixed magnetic layer 52 is fixed in the direction of graphic display Y. When magnetization of said 1st fixed magnetic layer 52 is fixed in the direction of graphic display Y, magnetization of the 2nd fixed magnetic layer 54 which counters through the nonmagnetic interlayer 53 is fixed in the state of magnetization of the 1st fixed magnetic layer 52, and anti-parallel (ferry condition). [0224] In order to maintain the stability of this ferry condition, a large switched connection magnetic field is required. In the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example, as an antiferromagnetism layer 51, it is high, and also thermally blocking temperature is stabilized and can maintain the magnetization condition of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 by using the above-mentioned alloy moreover made to generate a large switched connection magnetic field (exchange anisotropy field) in an interface with the

1st fixed magnetic layer 52. Moreover, as for said nonmagnetic conductive layer 55, being formed by Cu etc. is desirable. [0225] Moreover, as said 2nd free magnetic layer 56 is shown in drawing 11, it is formed from two-layer and the Co film 57 is formed in the side which touches the nonmagnetic conductive layer 55. Forming the Co film 57 in the side which touches the nonmagnetic conductive layer 55, because **\*\*MR** can be enlarged the 1st, it is for preventing diffusion with the nonmagnetic conductive layer 55 to the 2nd. [0226] The NiFe alloy film 58 is formed on said Co film 57. Furthermore, the nonmagnetic interlayer 59 is formed on said NiFe alloy film 58. And the 1st free magnetic layer 60 is formed on said nonmagnetic interlayer 59. Said 1st free magnetic layer 60 is formed with Co film, the NiFe alloy, the CoFe alloy or the CoNiFe alloy, the CoNi alloy, etc. [0227] Moreover, as for the nonmagnetic interlayer 59 who intervenes between the 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60, it is desirable to be formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu. [0228] By the switched connection magnetic field (RKKY interaction) generated between said 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60, magnetization of said 2nd free magnetic layer 56 and magnetization of the 1st free magnetic layer 60 are in the anti-parallel condition (ferry condition) mutually, as shown in drawing 11. [0229] By the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 11, although the thickness  $tF2$  of the 2nd free magnetic layer 56 is formed smaller than the thickness  $tF1$  of the 1st free magnetic layer 60, it does not interfere due to this reverse, for example. And  $Ms-tF2$  of said 2nd free magnetic layer 56 If it is set up smaller than  $Ms-tF1$  of the 1st free magnetic layer 60 and a bias magnetic field is given to graphic display X1 direction and an opposite direction from the bias layer 62 Magnetization of the 1st large free magnetic layer 60 of  $Ms-tF1$  is arranged with graphic display X1 direction and an opposite direction in response to the effect of said bias magnetic field. By the switched connection magnetic field (RKKY interaction) with said 1st free magnetic layer 60 Magnetization of the 2nd small free magnetic layer 56 of  $Ms-tF2$  is arranged in the graphic display X1 direction. [0230] If an external magnetic field invades from graphic display Y, magnetization of said 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60 will rotate in response to the effect of said external magnetic field, maintaining a ferry condition. And with the relation between fluctuation magnetization of the 2nd free magnetic layer 56 which **\*\*\*\*** to **\*\*MR**, and fixed magnetization (for example, the direction of graphic display Y and the opposite direction are magnetized) of the 2nd fixed magnetic layer 54, electric resistance changes and an external magnetic field is detected as electric resistance change. [0231] As for said soft magnetism layers 61 and 61, being formed for example, with a NiFe alloy etc. is desirable. Moreover, the bias layers 62 and 62 shall consist of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn like said antiferromagnetism layer 51. Moreover, as for conductive layers 62 and 63, being formed of Au, W, Cr, Ta, etc. is desirable. [0232] It can manufacture by the almost same manufacture method as the spin bulb mold thin film magnetic cell which also shows the spin bulb mold thin film magnetic cell of this example to drawing 10. namely, by the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention After carrying out the laminating of the antiferromagnetism layer 51, the 1st fixed magnetic layer 52, the nonmagnetic interlayer 53, the 1st fixed magnetic layer 54, the nonmagnetic conductive layer 55, the 2nd free magnetic layer 56, the nonmagnetic interlayer 59, and the 2nd free magnetic layer 60 one by one and forming the 1st layered product on Substrate K, Impressing the 1st

magnetic field which is the width-of-recording-track  $T_w$  direction and the direction which intersects perpendicularly to said 1st layered product, heat-treat at the 1st heat treatment temperature, said antiferromagnetism layer 51 is made to generate an exchange anisotropy field, and magnetization of said 1st fixed magnetic layer 52 is fixed. [0233] Next, the lift-off resist 350 of the width of face which is equivalent to the width of recording track as shown in drawing 12 is used on said 1st layered product. By removing [ which is the 1st free magnetic layer ] a part of 1st free magnetic layer about [ 1/several ] by methods, such as ion milling Form Crevices 60a and 60a, and the soft magnetism layers 61 and 61 are formed so that the gap which corresponds subsequently to the width of recording track  $T_w$  may be opened and crevice 60a may be embedded. Then, the bias layers 62 and 62 are formed on said soft magnetism layers 61 and 61, further, conductive layers 63 and 63 are formed on said bias layers 62 and 62, and the layered product of the same configuration as the spin bulb mold thin film magnetic cell of a previous operation gestalt is obtained. [0234] Thus, impressing the 2nd magnetic field smaller than the exchange anisotropy field of said antiferromagnetism layer 51 in the width-of-recording-track  $T_w$  direction to the obtained layered product, it heat-treats at the 2nd heat treatment temperature, and the spin bulb mold thin film magnetic cell shown in drawing 11 is obtained by giving the bias magnetic field of the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction to said 1st free magnetic layer 60. [0235] Also in such a spin bulb mold thin film magnetic cell, since the antiferromagnetism layer 51 and the bias layer 62 consist of an alloy containing at least one sort in Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn, the temperature characteristic of an exchange anisotropy field becomes good, and it becomes the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance. [0236] Moreover, the endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which an element serves as an elevated temperature with the Joule's heat by the flowing sense current, is good, and fluctuation of the exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by the temperature change can use the environmental temperature and the element in a hard disk drive unit as few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells. Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and the antiferromagnetism layer 51 can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming the antiferromagnetism layer 51 with the above-mentioned alloy again, the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54 is firmly fixable. [0237] Moreover, it sets to the manufacture method of the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell. In the antiferromagnetism layer 51 and the bias layer 62, Pt, Pd, Rh, Ru, The property of said alloy is used using the alloy containing at least one sort in Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn. Since the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 is fixed by heat treatment of the 1st time and the magnetization direction of the 1st free magnetic layer 60 is arranged in the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction by the 2nd heat treatment The magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 56 and the 1st free magnetic layer 60 can be arranged in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52 and the 2nd fixed magnetic layer 54, and the crossing direction, without having an adverse effect in the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 52. The spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance can be obtained. [0238] [Example] The thin



film magnetic cell of the spin bulb mold which adopted the structure shown in drawing 1 and drawing 2 was formed on the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC substrate which formed the lower shield layer (Co-Nb-Zr system amorphous alloy) and the lower gap layer (aluminum 2O3). The laminating of the nonmagnetic conductive layer with a thickness of 25A it is thin from the 2nd fixed magnetic layer and Cu with a thickness of 25A it is thin from a nonmagnetic interlayer with a thickness of 8A it is thin from the 1st fixed magnetic layer and Ru with a thickness of 15A it is thin from an antiferromagnetism layer with a thickness of 150A it is thin from Pt<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub> on this substrate, and Co, and Co is carried out. Furthermore, the 2nd free magnetic layer with a thickness of 40A it is thin from nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> alloy (saturation magnetization  $M_s$  thickness  $t=7.16 \times 10^{-4}$  T-nm), The layered product which carried out the laminating of a nonmagnetic interlayer with a thickness of 8A it is thin from Ru, and the 1st free magnetic layer (saturation magnetization  $M_s$  thickness  $t=4.52 \times 10^{-4}$  T-nm) with a thickness of 25A it is thin from nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> alloy was obtained. The laminating of a soft magnetism layer with a thickness of 20A it is thin from nickel<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> alloy so that the 1st free magnetic layer may be touched at the both sides, using as 0.4 micrometers width of face by the side of the element height which intersects perpendicularly the width of face which meets crosswise [ of both the free magnetic layer / truck ] 0.6 micrometers and crosswise, an antiferromagnetism layer with a thickness of 300A it is thin from Pt<sub>54</sub>Mn<sub>46</sub> alloy, and the conductive layer with a thickness of 1000A it is thin from Cr was carried out. In the above-mentioned laminated structure, the anti-parallel joint magnetic fields between the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer were 58.4 kA/m here. [0239] Next, the layered product which consists of an antiferromagnetism layer, the 1st fixed magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, the 2nd fixed magnetic layer, a nonmagnetic conductive layer, the 2nd free magnetic layer, a nonmagnetic interlayer, and the 1st free magnetic layer considers as structure equivalent to the above as an example of a comparison. The hard bias layer (saturation magnetization  $M_s$  thickness  $t=1.88 \times 10^{-3}$  T-nm) which is from Co<sub>85</sub>Pt<sub>15</sub> on right-and-left both-sides side of this layered product through the non-magnetic layer of Cr with a thickness of 20A was formed. In the above configuration, the direction of magnetization of the 1st free magnetic layer and the direction of magnetization of the 2nd free magnetic layer in the structure of the example searched for by the magnetic simulation were shown in drawing 25 as a direction in alignment with a film surface, and the direction of magnetization of the 1st free magnetic layer and the direction of magnetization of the 2nd free magnetic layer in the example structure of a comparison were shown in drawing 20 as a direction in alignment with a film surface. Like the arrow head shown in drawing 25 , in the laminated structure of this invention, vertical bias can be impressed only to the 1st free magnetic layer, and the field where the sense of magnetization was confused into the circumference portions of both the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer is not generated. That is, it is clear that magnetic contention (frustration) is lost by adopting this invention structure conventionally which is shown in drawing 20 unlike the case of structure, and it becomes uniform magnetization distributing the 1st free magnetic layer and the 2nd free magnetic layer. On the other hand, in order to compete with the switched connection magnetic field which the strong hard flow magnetic field from the hard bias film of the right-and-left ends of the 1st free magnetic layer tends to start by the arrow head which shows the sense of magnetization shown in drawing 20 , and the 2nd free magnetic layer tends to make act, it is clear that the sense of magnetization is confused to the ends side. The sense of magnetization

of the 2nd free magnetic layer is also confused by this, problems, such as a Barkhausen noise, are produced as a result, and there is a possibility of applying to magnetic stability. [0240] It is measured by making the magnetic head scan the micro track pattern top of the  $0.1 \times 10^{-6}$  m (micrometer) width of face recorded on the record medium in the profile of the asymmetry (asymmetry of a playback wave) of the track cross direction in the magnetic head equipped with these elements. This result is shown in drawing 26 (asymmetry of the magnetic head of the conventional example), and drawing 27 (asymmetry of the magnetic head of the example of this invention). In drawing 26 which shows the measurement result of the conventional example, it is related to understanding, although asymmetry is large unusually near the ends of a track, magnetization of the 2nd free magnetic layer being confused near the track ends, as this is shown in drawing 20, and having collapsed greatly from relation close to magnetization and rectangular cross of the 2nd of a fixed magnetic layer. On the other hand, in drawing 27 which shows the example of this invention, it is clear that there is no change of the large asymmetry in such track ends, and the stable wave is acquired. [0241] [Effect of the Invention] As mentioned above, by the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention, as explained in details, since an antiferromagnetism layer and a bias layer consist of an alloy containing at least one sort in Pt, Pd, Rh, Ru, Au, Ag, Cr, and nickel, or two sorts or more of elements and Mn, the temperature characteristic of an exchange anisotropy field becomes good, and it can be considered as the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance. Moreover, the endurance at the time of preparing for equipments, such as the thin film magnetic head from which the temperature in equipment serves as an elevated temperature, is good, and fluctuation of the exchange anisotropy field (switched connection magnetic field) by the temperature change can be considered as few outstanding spin bulb mold thin film magnetic cells. Furthermore, since blocking temperature will be able to become high and an antiferromagnetism layer can be made to generate a big exchange anisotropy field by forming an antiferromagnetism layer with the above-mentioned alloy again, it can be considered as the spin bulb mold thin film magnetic cell which can fix the magnetization direction of a fixed magnetic layer firmly. [0242] Moreover, in the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell, it is good also as what is characterized by considering as the ferrimagnetism condition that the sense of magnetization differs 180 degrees in the layers by which at least one side of said fixed magnetic layer and said free magnetic layer was divided and divided by two through the nonmagnetic interlayer. When it is considered as the spin bulb mold thin film magnetic cell by which the fixed magnetic layer was divided by two through the nonmagnetic middle class at least, among the fixed magnetic layers divided by two, one side bears the role which fixes the fixed magnetic layer of another side in the proper direction, and becomes possible [maintaining the condition of a fixed magnetic layer at the condition of having been stabilized dramatically]. On the other hand, when a free magnetic layer is divided by two through the nonmagnetic middle class and is considered as a spin bulb mold thin film magnetic cell at least, a switched connection magnetic field occurs among the free magnetic layers divided by two, and it is considered as a ferrimagnetism condition, and can be reversed with sufficient sensitivity to an external magnetic field. [0243] furthermore, by the manufacture method of the spin bulb mold thin film magnetic cell of this invention In an antiferromagnetism layer and a bias layer, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, The property of said alloy is used using the alloy containing at least one sort in Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and Kr, or two sorts or more of elements and Mn. Since the magnetization direction of a fixed magnetic

layer is fixed by heat treatment of the 1st time and the magnetization direction of a free magnetic layer is arranged in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction by the 2nd heat treatment Without having an adverse effect in the magnetization direction of a fixed magnetic layer, the magnetization direction of said free magnetic layer can be arranged in the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and the crossing direction, and the spin bulb mold thin film magnetic cell excellent in thermal resistance can be obtained. [0244] Moreover, the manufacture method of this spin bulb mold thin film magnetic cell Since it is the method of forming a soft magnetism layer on the 1st layered product, and forming a bias layer on said soft magnetism layer Since it is necessary to clean the front face in which said bias layer can be formed in and said bias layer is formed neither by ion milling nor the reverse sputter, without breaking a vacuum after forming a soft magnetism layer, The contamination by the reattachment object, the adverse effect to generating of the exchange anisotropy field by turbulence of a surface crystallized state, etc. can be made into the outstanding manufacture method which the inconvenience resulting from cleaning does not produce. Moreover, since it is not necessary to clean the field in which said bias layer is formed before forming said bias layer, it can manufacture easily. Furthermore, by Fukashi in whom whether it is the above-mentioned adverse effect does not remain, after digging a free magnetic layer deep by ion milling etc., the vertical bias stabilized more and a high output can be obtained also by carrying out continuation membrane formation of a soft magnetism layer and the bias layer. [0245] Moreover, since it comes to prepare the above-mentioned spin bulb mold thin film magnetic cell for a slider, the thin film magnetic head of this invention is excellent in endurance and thermal resistance, and can be used as the thin film magnetic head with the high reliability from which sufficient exchange anisotropy field is obtained.

CLAIMS [Claim(s)] [Claim 1] An antiferromagnetism layer and a fixed magnetic layer to which it is formed in in contact with said antiferromagnetism layer, and the magnetization direction is fixed by exchange anisotropy magnetic field with said antiferromagnetism layer, A free magnetic layer formed through a nonmagnetic conductive layer on said fixed magnetic layer, A soft magnetism layer which opened a gap equivalent to the width of recording track on said free magnetic layer, and has been arranged, A bias layer which is formed on said soft magnetism layer and arranges the magnetization direction of said free magnetic layer in the direction which crosses to the magnetization direction of said fixed magnetic layer, It is the spin bulb mold thin film magnetic cell which has on a substrate a conductive layer which gives detection current to said free magnetic layer. Said antiferromagnetism layer and said bias layer A spin bulb mold thin film magnetic cell characterized by consisting of an alloy containing at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar, Xe, and the Kr(s), and Mn. [Claim 2] A spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 1 characterized by considering as a ferrimagnetism condition that sense of magnetization differs 180 degrees in the layers by which at least one side of said fixed magnetic layer and said free magnetic layer was divided and divided by two through a nonmagnetic interlayer. [Claim 3] Said antiferromagnetism layer is claim 1 characterized by being the alloy which consists of the following empirical formula thru/or a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 2.  $XmMn100-m$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 48$  atom %  $\leq 60$  atom %.

[Claim 4] Said bias layer is claim 1 characterized by being the alloy which consists of the following empirical formula thru/or a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 2.  $XmMn_{100-m}$ , however X are at least one or more sorts of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m which shows a presentation ratio is  $m \leq 48 \text{ atom } \% \leq 60 \text{ atom } \%$ .

[Claim 5] Said antiferromagnetism layer is claim 1 characterized by being the alloy which consists of the following empirical formula thru/or a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 2.  $PtmMn_{100-m-n}Dn$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, Ru, Ir, and the Os(es), and m and n which show a presentation ratio are  $48 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ .

[Claim 6] Said bias layer is claim 1 characterized by being the alloy which consists of the following empirical formula thru/or a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 2.  $PtmMn_{100-m-n}Dn$ , however D are at least one sort or two sorts or more of elements of Pd, Rh, and the Ru, and m and n which show a presentation ratio are  $52 \text{ atom } \% \leq m+n \leq 60 \text{ atom } \%$  and  $n \leq 0.2 \text{ atom } \% \leq 40 \text{ atom } \%$ .

[Claim 7] Said soft magnetism layer is claim 1 characterized by consisting of a NiFe alloy thru/or a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 6.

[Claim 8] A spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 1 to 7 characterized by coming to carry out the laminating of a bias layer and the conductive layer on these soft magnetism layer while a crevice is formed in both sides of a portion equivalent to the width of recording track of said free magnetic layer, the laminating of the soft magnetism layer is carried out so that these crevices may be embedded, and these soft magnetism layer is directly joined to said free magnetic layer through said crevice base.

[Claim 9] Two come to divide said free magnetic layer through a nonmagnetic interlayer. A free magnetic layer of a side far from said fixed magnetic layer The 1st free magnetic layer, When a free magnetic layer of a side near said fixed magnetic layer is used as the 2nd free magnetic layer A spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 1 to 8 characterized by coming it smaller than magnetic thickness of said 2nd free magnetic layer to carry out magnetic thickness of said 1st free magnetic layer.

[Claim 10] A manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell characterized by providing the following. On a substrate, it is an antiferromagnetism layer. A fixed magnetic layer A nonmagnetic conductive layer To a production process which carries out the laminating of the free magnetic layer one by one, and forms the 1st layered product, and said 1st layered product A production process which heat-treat at the 1st heat treatment temperature, impressing the 1st magnetic field which is the direction which intersects perpendicularly with the truck cross direction, and said antiferromagnetism layer is made to generate an exchange anisotropy magnetic field, and fixes magnetization of said fixed magnetic layer, On said 1st layered product, open a gap equivalent to the width of recording track, and a soft magnetism layer is formed. A production process which forms a bias layer on said soft magnetism layer, forms a conductive layer which gives detection current to said free magnetic layer on said bias layer, and is made into the 2nd layered product, A production process which heat-treats at the 2nd heat treatment temperature, and gives a bias magnetic field of the magnetization direction of said fixed magnetic layer, and a crossing direction to said free magnetic layer, impressing the 2nd magnetic field smaller than an exchange anisotropy magnetic field of said antiferromagnetism layer crosswise [ truck ]

[Claim 11] A manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 10 characterized by using an alloy which contains at least one sort or two sorts or more of elements of Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Au, Ag, Cr, nickel, Ne, Ar,

Xe, and the Kr(s), and Mn in said antiferromagnetism layer and said bias layer. [Claim 12] Said 1st heat treatment temperature is the manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 10 or 11 characterized by being the range of 220 degrees C - 270 degrees C. [Claim 13] said 2nd heat treatment -- a manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 10 to 12 characterized by a range of temperature being 250 degrees C - 270 degrees C. [Claim 14] Said 2nd magnetic field is the manufacture method of a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 10 to 13 characterized by being the range of 10 - 600 Oe (800 - 48000 A/m). [Claim 15] The thin film magnetic head characterized by coming to prepare a spin bulb mold thin film magnetic cell according to claim 1 to 9 for a slider.